STELIAN APOSTOLESCU

VĂ PLACE FIZICA?



EDITURA ION CREANGĂ

STELIAN APOSTOLESCU

VĂ PLACE FIZICA?

COPERTA
ŞI
ILUSTRAŢIILE:
VASILE ONCESCU



EDITURA ION CREANGĂ — BUCUREŞTI, 1987

CUVÎNT ÎNAINTE

De cîte ori nu mi s-a întîmplat, în anii de școală, la lecția de fizică, să fiu întrebat de cutare sau cutare formulă, iar în neputința mea de a răspunde, să nu meditez cu năduf ce grea este această materie și cîte formule trebuiesc memorate. Acum, cînd ea mi-a devenit meserie, fizica mi se dezvăluie cu o frumusețe aparte, în domeniul de dincolo de formule, al adevărului pur, unde imaginația și intuiția se dezvoltă libere.

Formula aici reprezintă impactul fizicii cu matematica. Este ordinea în gîndire impusă de necesitatea de a planta raționamentul și căutarea noastră în cunoscut, pentru a putea scormoni cu mai multe șanse de izbîndă necunoscutul. Formula trebuie însă să intre în scenă numai după ce școlarul sau cercetătorul a făcut efortul mintal de a imagina, a intui, a realiza, a retrăi fenomenul fizic pe care îl învață sau îl studiază. A face apel la formula matematică înainte de a pătrunde sensul fizic al unui fenomen este, după părerea mea, o greșeală ce ne poate arunca în superficial. A intui numai fenomenul fizic și a nu pune ordine în raționament cu ajutorul unei formule matematice, este aceeași primejdie care ne pîndește la cealaltă extremă a demersului științific.

În cartea de față, am urmărit această punere în ordine a efortului de asimilare printr-o abordare intuitivă, accesibilă, a cîtorva din adevărurile de bază pe care fizica le aduce în marea aventură a cunoașterii umane, ca să-și dezvăluie întreaga frumusețe la primul contact al cititorului cu ele. Cartea se adresează deci școlarilor la vîrsta începuturilor în ale fizicii, dar și cititorului mai avansat în vîrstă, care este mai puțin familiarizat cu o abordare matematică riguroasă.

Va fi apoi mai ușoară, dar absolut necesară, apropierea de un manual sau tratat pentru a aprofunda și ordona cu ajutorul formulelor, ceea ce aici s-a dezvăluit prin libera stimulare a imaginației.

AUTORUL



În compartiment mai era o persoană. Tata şi cu mine am aşezat bagajele în plasă şi ne-am căutat locurile. Al meu era lîngă fereastră şi nu întîmplător, pentru că aşa cerusem la agenţia de voiaj. În faţa mea, cu spatele spre sensul de mers, era străinul. M-am aşezat cît mai confortabil în fotoliul moale, avînd grijă ca din poziţia mea să cuprind prin fereastră un unghi de vedere cît mai mare. Afară pe peron, agitaţia obişnuită, dar nu prea intensă, dintr-o gară la o oră atît de matinală. Cîţiva călători se zoreau pe lîngă tren, căutînd din ochi numărul vagonului. O femeie, nu prea voinică, împingea la un cărucior încărcat pînă la refuz cu geamantane şi pachete de tot felul.

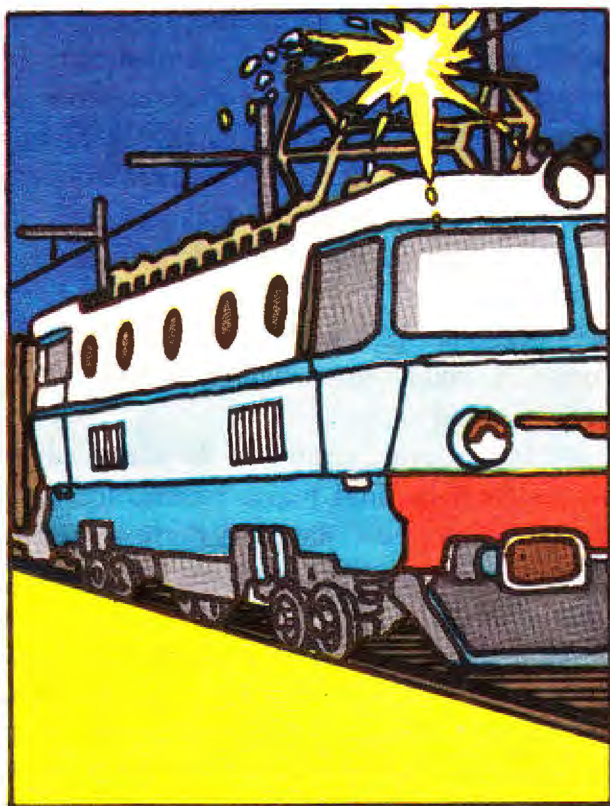
— Ce s-ar fi făcut biata femeie fără cărucior!? spuse tata, care urmărea şi el aceeaşi scenă.

— Într-adevăr, pentru că la aceste cărucioare frecarea fiind foarte redusă, forţa de tracţiune este mult mai mică decît greutatea încărcăturii, completă străinul cu un aer uşor absent.

Nu a trecut bine căruciorul, că altă scenă ne-a atras atenţia: un bărbat şi un copil duceau împreună un geamantan foarte greu, cu ajutorul unui baston pe care îl trecuseră prin toarta acestuia şi îl ţineau fiecare de un capăt. Dar geamantanul nu atîrna de baston la mijloc, ci foarte aproape de mîna bărbatului.







— Mă întreb de ce nu l-au pus la mijloc ?! zic eu.

— Ca să le fie mai ușor! își dă cu părerea tata.

— Ca să echilibreze sistemul prin egalarea momentelor forțelor de susținere: la un braț mai lung al bastonului o forță mai mică, la un braț mai scurt o forță mai mare! vine prompt replica străinului.

La peronul alăturat a intrat în stație un tren cu o locomotivă electrică. Știam că este electrică după captatorul acela rombic, ce face legătura sus cu cablul electric. Chiar cînd trecea prin dreptul nostru, o flamă albă strălucitoare m-a făcut să duc mîna la ochi într-un gest instinctiv de apărare.

— Nu te speria, este efectul curenților de autoinducție la o întrerupere bruscă a contactului electric, mă liniștește străinul.

Hotărît lucru, aveam de-a face cu un tip interesant. Mă uimea promptitudinea, naturalețea și concizia observațiilor sale, precum și limbajul folosit. Dar iată că acum se adresează tatei arătînd spre geamantanul nostru cel mare, care se odihnea confortabil în plasă.

— Vă rog să mă scuzați, dar cred că geamantanul acela nu stă bine acolo și la pornirea trenului s-ar putea să cadă!

— Nu cred, răspunde tata, e foarte greu și nu cade el cu una cu două.

— Tocmai pentru că e foarte greu, replică străinul mai mult ca pentru el, renunțînd în mod vădit la argumentație.

L-am privit ceva mai atent: înalt, subțire, mai degrabă în vîrstă. Părul castaniu bogat, în oarecare neorînduială, încărunțit la tîmple și pe favoriții mari de pe obraji, îi dădea un aer aparte. Dar ce mă atrăgea cel mai mult la el, erau ochii : o privire blîndă, absentă, a unui om ce părea angajat numai parțial în agitația din jurul său.

Am închis ochii. O toropeală plăcută m-a cuprins. Nu știu cît timp a trecut, dar m-am trezit cînd am simțit o apăsare ușoară spre spătarul canapelei. Am știut atunci că trenul s-a pus în mișcare. Am deschis ochii. Tata tocmai se pregătea să frunzărească revista pe care o cumpărase de la chioșcul din gară, cînd îl văd sărind cu un gest neașteptat de rapid, pentru a prinde geamantanul cel mare, chiar în momentul în care acesta părăsea plasa. Bine că l-a prins la timp : în el se afla radiocasetofonul meu de care nu mă despart în vacanțe.

— Ați avut dreptate, n-aș fi crezut să cadă, cît este de greu, zise tata puțin jenat.

— Tocmai pentru că e greu, forța de inerție este mai mare, și, pentru că este voluminos, momentul de răsturnare este de asemenea mai mare, vine replica străinului, parcă de undeva din depărtarea gîndurilor sale.

Ce ocupație ar putea să aibă ? Acest gînd a pus stăpînire pe mine și nu-mi da pace. Din replicile sale am constatat că el a intervenit ori de cîte ori era nevoie de o explicație fizică a ceea ce se petrecea în jurul său. Așa s-a întîmplat cu femeia cu căruciorul, cu egalarea momentelor forțelor, cu flama de la locomotivă și acum cu răsturnarea geamantanului. Dar cu asta nu am



spus încă nimic, pentru că fizica este azi prezentă peste tot : inginerul de orice fel trebuie să știe multă fizică, medicul trebuie să știe fizică, biologul trebuie să știe fizică, piloții, minerii, astronauții, geologii și mulți alții au nevoie de fizică în preocupările lor. Ideea de a afla cu ce se ocupă acest om mă chinuia și căutam un prilej de a intra în vorbă cu el.

— Vă place fizica ? mă trezesc că îl întreb așa deodată și mă sperii singur de îndrăzneala ce m-a cuprins.

Străinul se uită la mine cu blîndețe și nu pare surprins de întrebare. Am impresia că îi trebuie un timp oarecare să se desprindă din gîndurile sale și să-și formuleze răspunsul.

— Sînt fizician ! vine acesta scurt, concis și cu convingere.

. . . .

— Unde mergeți ?

— La Cîmpulung Moldovenesc pentru o scurtă vacanță, ne răspunde fizicianul.

— Acolo mergem și noi. Mama și sora mea au plecat acum cîteva zile, iar eu și tata mergem astăzi. Vom petrece o vacanță de două săptămîni acolo, la rude.

— Este un loc foarte frumos ! spune fizicianul, cu un ton care nu m-a încurajat să continui conversația.

. . . .

Priveam pe fereastra compartimentului ca pe ecranul unui mare televizor. Imagini inundate de lumina încărcată de rouă a dimineții se perindau cu repeziciune. Ultimele case ale marelui oraș goneau spre locul de unde plecasem. Una cîte una, din ce în ce mai rare, lăsau între ele întinse porțiuni de verdeață. În curînd peisajul mișcător s-a schimbat complet : culturi de porumb de un verde proaspăt alternau cu miriști galbene, unde grîul era deja cules, și cu porțiuni

brune, unde pămîntul fusese arat pentru o nouă cultură. Ici şi colo, cîte un petec de pădure spărgea în mod plăcut monotonia. La marginea cîte unei oglinzi de apă, pescari care se sculaseră cu noaptea în cap erau deja „la datorie" meşteşugind la sculele lor. Era o dimineaţă frumoasă de sfîrşit de vară şi eram emoţionat de perspectiva a multe ore de călătorie în care voi vedea atîtea lucruri noi, traversînd, practic, ţara de la sud la nord.

. . . .

— Cît de mult am tot dorit să stau de vorbă cu un fizician, sparse liniştea tata, pentru că aş vrea să-mi explic un lucru pe care nu l-am înţeles toată viaţa.

— Fizica încearcă să explice fenomene din jurul nostru, pornind de la aştri şi galaxii, pînă la particule nucleare, spuse fizicianul, dar nu ştiu dacă eu voi putea răspunde la nedumerirea dumneavoastră.

— Tocmai despre aştri este vorba, reluă mai animat tata. Am învăţat de mult, la şcoală, că în univers toate corpurile se atrag şi că forţa de atracţie între două corpuri este direct proporţională cu produsul maselor şi invers proporţională cu pătratul distanţei dintre ele. Dacă lucrurile stau aşa, de ce stelele şi planetele nu se îndreaptă unele spre altele, spre a se uni într-un singur tot, ci ele se rotesc unele în jurul altora şi urmează de miliarde de ani fiecare calea ei, fără a se abate cu cea mai mică fracţiune din drum ?

Din nou am avut impresia că străinul face un efort să revină la realitatea din compartiment, desprinzîndu-se cu greu din lumea gîndurilor sale. Îi citeam pe faţă cum din absent devine visător, apoi amuzat, pentru ca, atunci cînd a început să vorbească, să aibă un ton foarte grav.

— Mai întîi şi mai întîi, aştrii nu păstrează riguros matematic traiectoriile lor ; ei îşi schimbă permanent orbitele şi poziţiile relative. Galaxiile fug una de alta, stelele, care sînt nişte sori, descriu traiectorii complicate în galaxii, planetele îşi modifică sistematic orbitele în jurul sorilor, într-un cuvînt, ordinea din cosmos nu este una staţionară, ci una care evoluează într-un sens. Dacă am trăi cîteva miliarde de ani, am observa şi noi schimbările, cu ochiul liber, dar în decursul vieţii noastre totul pare neschimbat.

— Dar totuşi, insistă tata, planetele se învîrtesc în jurul sorilor în loc să cadă pe ei.

— După cum aţi spus, în univers există atracţie între corpuri, dar aceasta produce mişcare, iar mişcarea împreună cu atracţia realizează tabloul cosmic la care sîntem martori : planetele se rotesc în jurul Soarelui, sorii descriu rotaţii în interiorul galaxiilor. Acest adevăr ni se pare firesc astăzi, dar pentru stabilirea lui, omenirea a trebuit să parcurgă un drum lung şi nu lipsit de asperităţi.

— Trebuie să fie foarte frumos să înţelegi toate aceste lucruri, spuse tata.

— Spectacolul naturii este fascinant ! — ochii fizicianului străluceau cu o lumină stranie cînd spunea aceasta — şi vă spun eu că merită să-ţi sacrifici chiar toată viaţa pentru a descifra tainele acestui spectacol. Pentru că avem un drum lung de parcurs împreună, voi încerca să vă povestesc cîte ceva. Dar vă previn că, neavînd cărţi şi nici măcar o tablă la dispoziţie, va trebui să facem apel la imaginaţie.

Şi astfel, străinul a început să povestească. Ascultam fermecaţi eu şi tata. Încetul cu încetul, pereţii micului compartiment de tren parcă se dizolvau în neant şi o lume nouă şi halucinantă se perinda prin faţa noastră. Sori, planete, sateliţi apăreau, descriau traiectorii şi dispăreau ca într-un vis fantastic.



ATRACȚIE ȘI MIȘCARE

— Să ne imaginăm că avem o căldare umplută pe jumătate cu apă și că de toarta acesteia este legată o sfoară. Ținînd de sfoară rotesc cu grijă găleata în jurul meu. Cînd rotația a devenit suficient de mare, găleata se va învîrti în plan orizontal deasupra capului meu. Ce vom observa ? Deși găleata se află tot timpul în poziție orizontală, apa din ea nu curge și parcă stă lipită de fundul acesteia.

— Într-adevăr, așa se întîmplă ! confirmă tata. Ne jucam adesea în acest fel cînd eram copii și reușeam să rotim găleata fără să pierdem o picătură de apă.

— V-ați întrebat vreodată ce se întîmplă ? Cine sau ce împinge apa spre fundul găleții ? De ce sfoara stă foarte întinsă în tot timpul rotației ? Ei bine, aceasta este forța centrifugă. Asupra oricărui corp ce se învîrtește în jurul unui punct, acționează o forță care tinde să-l depărteze de acel punct. Apa, rotindu-se în jurul mîinii mele, este împinsă spre fundul căldării de către forța centrifugă. Tot forța centrifugă face ca apa și căldarea să țină sfoara foarte întinsă, iar dacă le învîrtesc prea tare poate să o rupă.



Aşa se întîmplă şi în sistemul nostru solar. Planetele se rotesc în jurul Soarelui, iar o forţă centrifugă le impune să se depărteze de acesta. Dar Soarele le atrage conform legii atracţiei universale, de care vorbeaţi mai înainte, şi astfel planetele se rotesc precum găleata din exemplul precedent, sub acţiunea a două forţe ce se echilibrează : pe de o parte forţa de atracţie, pe de alta forţa centrifugă. Rotaţia corpurilor cereşti unul în jurul celuilalt este rezultatul combinat al atracţiei şi mişcării : atracţia spune unei planete „vino încoace“, mişcarea pe traiectorie curbă îi spune „du-te încolo“, iar ca rezultat planeta se va roti păstrînd mereu faţă de Soare distanţa la care „vino încoace“ este egală cu „du-te încolo“, sau, cum zicem noi fizicienii, forţa centripetă este egală cu forţa centrifugă.

— Cred că am înţeles ! exclamă satisfăcut tata. O planetă care se învîrteşte în jurul unui soare este ca o căldare pe care o rotim în jurul nostru, numai că sfoara este nevăzută şi ea este înlocuită de forţa cu care acesta atrage planeta respectivă.

— Corect !

— Aşa se întîmplă şi cu sateliţii artificiali pe care îi lansăm în jurul Pămîntului ? întreb eu.

— Întocmai aşa.

— Dar ce trebuie unei pietre pe care eu o arunc, să devină satelit ?

— Îi trebuie să aibă peste o anumită viteză.

— Cum aşa ?

— Foarte bine. Ca să te fac să mă înţelegi, vom face din nou apel la imaginaţie. Să ne închipuim că sîntem în posesia unui tun special, cu ajutorul căruia putem imprima proiectilelor orice viteză dorim. Ne mai închipuim că frecarea proiectilelor cu aerul nu ne pune probleme. Să zicem că la început tragem un proiectil cu o viteză mică, de numai 200 metri pe secundă. Acesta va cădea la un kilometru sau doi în faţa tunului. De ce va cădea ? Pentru că în timp ce zboară suferă atracţia Pămîntului şi va sfîrşi căzînd pe acesta. Trimitem acum un proiectil cu o viteză sporită. Acesta va cădea mult mai departe. Dacă măresc şi mai mult viteza proiectilului, sînt şanse ca el, ocolind Pămîntul, să cadă în spatele meu. La această viteză, se simte deja că forţa centrifugă a anihilat ceva din greutatea proiectilului. Dacă măresc şi mai mult viteza, pot realiza situaţia ca proiectilul să se rotească o dată în jurul Pămîntului şi să cadă apoi departe în faţa tunului meu. Dar dacă ajung la viteza de circa 8 kilometri pe secundă, atunci proiectilul are o viteză de rotaţie în jurul Pămîntului astfel încît forţa centrifugă ajunge egală cu forţa de atracţie gravitaţională, „du-te încolo“ devine egal cu „vino încoace“ şi proiectilul nostru devine satelit.

— Am înţeles şi eu în sfîrşit cum se face că sateliţii zboară acolo sus fără să aibă motor. Ei se menţin pe orbită din acţiunea combinată a mişcării de rotaţie şi a atracţiei universale. E suficient să-i imprimăm viteza necesară ca forţa centrifugă să fie egală cu forţa centripetă de atracţie şi satelitul e gata !

— Ai înţeles bine.

— Dar dacă îi imprim o viteză şi mai mare ?

— Satelitul îşi va alege singur o orbită mai depărtată. Cu cît viteza este mai mare, cu atît orbita sa va fi mai depărtată de Pămînt.

— De ce ?

— Un simplu calcul cu creionul pe hîrtie îţi va arăta că aşa stau lucrurile atunci cînd egalăm expresia forţei centrifuge cu cea a forţei gravitaţionale ; dar acest lucru îl vei învăţa mata la şcoală, acum sîntem în vacanţă şi mergem să ne odihnim.

. . . .

Trenul a oprit într-o staţie. Această schimbare exterioară ne-a trezit la realitate. Eram totuşi într-un compartiment de tren, tata cu mine şi cu fizicianul, acest personaj căruia deja nu-i mai pot zice „străinul“, ca atunci



cînd am pornit în călătorie. Mă simţeam bine în compania lui şi presimţeam că voi mai afla multe lucruri interesante de la el, dacă voi şti să-l descos şi sînt sigur că voi profita de această ocazie.

— Nu ştiu cu ce formulă să mă adresez dumneavoastră. Să vă zic „domnule fizician" ?

— Eu lucrez la un institut de cercetări de fizică, dar toată viaţa mi-am dorit să fiu profesor şi să am mulţi elevi cărora să le vorbesc despre extraordinara aventură a cunoaşterii ştiinţifice. Aşa că te rog să-mi spui pur şi simplu : „profesore" ; îmi va face mare plăcere !

Soarele era deja sus pe cer. Nu ştiu exact cît timp a trecut de la pornirea noastră din Bucureşti, dar crestele munţilor înalţi din faţa noastră îmi trădau faptul că trebuie să fi trecut cîteva ore bune. Profesorul a reintrat în muţenia lui contemplativă, iar ochii săi, întorşi spre sine, parcă se amuzau în linişte de cine ştie ce dialog interior. Tata

a ieşit pe coridor să fumeze o ţigară. Trenul s-a pus în mişcare uşor şi din nou am simţit acea apăsare spre spătarul canapelei pe care stăteam. Aceeaşi forţă nevăzută care mă împingea pe mine spre spătar l-a făcut pe profesor să se aplece uşor în faţă. Privindu-mă, şi parcă ghicindu-mi gîndurile, mi-a spus :

— Este legea inerţiei, cea care mă face pe mine să mă înclin, iar pe tine te apasă de peretele din spatele tău. Orice corp tinde să-şi păstreze starea de repaos sau de mişcare rectilinie uniformă. De aceea, la pornirea trenului, noi avem tendinţa de a rămîne în urma mişcării, iar la oprirea trenului, din contră, tu vei fi împins în faţă, iar eu voi fi apăsat spre peretele din spatele meu, fiindcă vom avea tendinţa de a ne păstra starea de mişcare, în timp ce el, trenul, se opreşte. Această lege, împreună cu altele două tot atît de importante, sînt cele trei legi ce stau la baza mecanicii şi au fost formulate de Isaac Newton în secolul al XVIII-lea. El. împreună cu Galileo Galilei şi Johannes Kepler sînt nume pe care merită să le reţii în primul rînd în legătură cu acest capitol fundamental al fizicii, care se numeşte Mecanica.

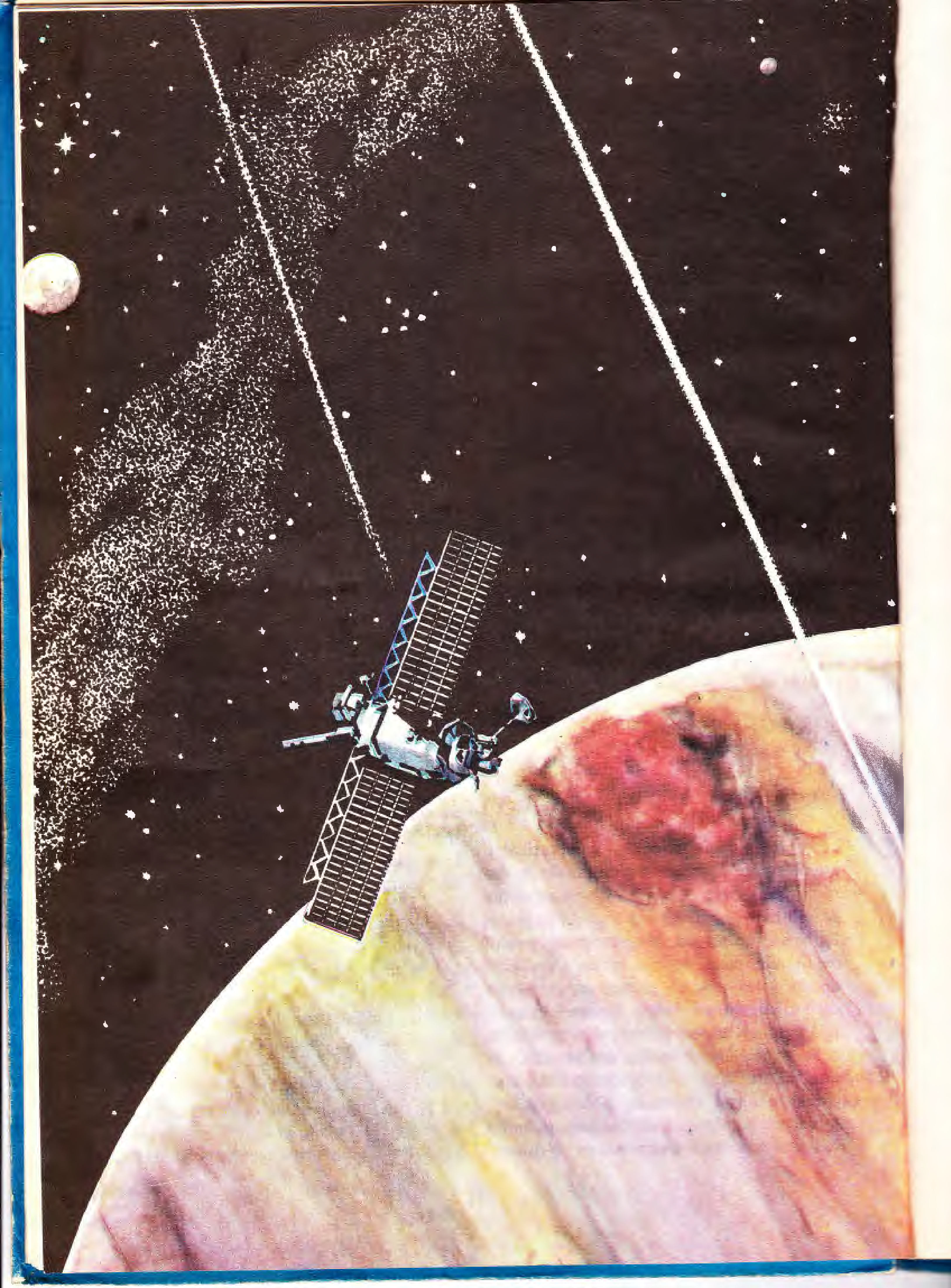
O dată cu întoarcerea tatei în compartiment, s-a reluat discuţia despre mecanică, dar pe probleme ceva mai tehnice privind maşinile, frecarea, energia cinetică, potenţială şi multe altele. În staţiile următoare au venit şi alte persoane în compartiment, atmosfera de discuţie s-a pierdut, dar eu am rămas mult timp cu gîndul la cele povestite de profesor, şi, cu privirea absentă pe geam, îmi recapitulam ideile principale, pentru meditaţiile mele de mai tîrziu. Vasăzică, atracţie plus mişcare se traduce în rotaţia corpurilor în jurul altora. Planetele şi sateliţii se rotesc într-un univers al schimbărilor permanente. Galaxiile fug una de alta, iar sateliţii artificiali îşi aleg traiectoria după viteza ce li s-a imprimat. Galileo Galilei, Johannes Kepler, Isaac Newton şi mulţi alţii au contribuit peste secole la fundamentarea unei ramuri importante a fizicii, care este Mecanica.



GALILEI NEWTON KEPLER

. . . .

Vila în care a fost cazat profesorul la Cîmpulung era nu departe de casa noastră, pe drumul spre cabana Deia. L-am întîlnit cînd treceam cu ai mei prin faţa hotelului Zimbrul şi m-a invitat să-i fac o vizită oricînd îmi va face plăcere. Am primit cu bucurie invitaţia, mai ales că la acea oră nu aveam prea multe aranjamente privind programul meu de excursii. Este nevoie de un anume timp pînă se leagă prieteniile într-un oraş de vacanţă.



EXCURSIE ÎNTR-UN PAHAR GOL

Stăteam la masă față în față în camera din vila sa. Prin fereastră se întrevedea priveliştea molcomă a colinelor bucovinene, pătate ici şi colo cu pîlcuri de pădure.

Profesorul avea pasiunea ceaiului şi astăzi mi-l preparase cu solemnitate şi cu încetineală în mişcări, ca într-o ceremonie extrem orientală, cu singura deosebire că în loc de ceşti de porțelan de astă dată a folosit pahare de sticlă.

Acum, ne aflam în fața paharelor goale şi ne pregăteam de conversație. Profesorul trăgea domol din pipa pe care o preparase de asemenea cu un ceremonial special, iar ochii săi zîmbitori şi visători în acelaşi timp fixau prin fereastră un punct depărtat din vîrful colinei de dincolo de şcoala militară. Eu am fost acela care am spart tăcerea întrebîndu-l :

— Mă uit la paharul din fața mea, şi ştiu, aşa am învățat la şcoală, că este făcut din molecule şi atomi. Cum adică este făcut din molecule ? Stau acestea precum cărămizile la casă, ordonate şi prinse una de alta cu mortar ? Sînt legate una de alta cu nişte cîrlige ? Sau se rotesc una în jurul celeilalte precum astrele, aşa cum ne descriați deunăzi ?

— Pentru că mi-ai pus prea multe întrebări deodată, eu îți fac o propunere : hai să facem o excursie împreună ; tot sîntem în vacanță, timpul drumețiilor, aşa că te invit la o expediție ceva mai specială. Te previn însă că va fi într-adevăr o excursie cu totul neobişnuită. Mijlocul de transport : imaginația. Locul : interiorul acestui pahar.

— În interiorul acestui pahar ?

— Da, da, ai auzit bine ! Vom face o excursie într-un pahar gol. Acesta din care tocmai ți-ai băut ceaiul. Să presupunem că posedăm secretul de a ne micşora dimensiunile noastre. Am rostit nişte cuvinte magice şi ne micşorăm văzînd cu ochii, treptat, treptat, pînă ajungem aproape de dimensiunile moleculelor. Cred că-ți dai seama că acest lucru este posibil numai în imaginație !

Avea un dar atît de puternic de a te convinge, de a-ți evoca situațiile, încît astăzi, cînd vă spun aceste lucruri, am senzația că tot ce mi-a povestit în acea după-masă mi s-a întîmplat aievea, că într-adevăr m-am micşorat împreună cu el şi am făcut acea fabuloasă excursie. Vă voi povesti în continuare această aventură, ca şi cum aş fi trăit-o cu adevărat.

. . . .

Nici n-a sfîrşit bine profesorul, că am simțit cum încet, încet, planşeul mesei se ridică apropiindu-mi-se de bărbie. M-am agățat atunci de muchia mesei, să o pot escalada pînă nu era prea tîrziu. Cînd am ajuns în preajma paharului, acesta ne venea pînă la genunchi şi acolo m-am întîlnit cu profesorul, care, cu acelaşi calm şi privire zîmbitoare, mi-a spus :

— Hai să urcăm pe muchia paharului, pînă nu este prea tîrziu. Ne-am aşezat confortabil acolo, privind spre golul transparent din fața noastră. După un timp, golul din interiorul paharului a devenit un hău, o prăpastie cu pereți lucitori. Ne-am dat instinctiv înapoi şi ne-am agățat de colțurile cristaline, transparente ca gheața, printre care ne aflam. Eram în zona buzei paharului,

care este foarte fin şlefuită la dimensiunile reale, dar care acum era un deşert plin de muchii şi colţuri ascuţite. Pe măsură ce trecea timpul, aceste muchii şi creste deveneau adevărate stînci de cleştar, ba acum erau chiar munţi uriaşi separaţi de văi ameţitoare. O înfricoşătoare împărăţie de cristal, ca în basme sau, poate, ca pe o planetă îndepărtată, se desfăşura în spatele, deasupra şi dedesubtul nostru. Eram înspăimîntat, mai ales că locul în care mă aflam trebuia schimbat mereu, ca să ne ţinem cît mai aproape, pentru că pe măsură ce ne micşoram, apărea şi riscul de a ne depărta unul de altul.

Mă uitam uluit şi înfricoşat în jurul meu. O mare varietate de forme spaţiale, mai toate cu muchii ascuţite şi tăioase, formau un decor foarte neprimitor, chiar puţin înspăimîntător ! Şi pentru a-mi întări senzaţia de spaimă, am început să simt o serie de înţepături pe faţă şi pe mîini, ca şi cum mii de ace mă înţepau la intervale scurte unul de altul.

— Profesore, şi tu simţi nişte înţepături ca de ace pe faţă şi pe mîini ? — am strigat eu, în timp ce el încerca să se facă comod pe şaua dintre două creste.

— Da, dar stai să vezi ce-o să urmeze !

Mai tîrziu înţepăturile au crescut în in-



tensitate, dar, ca şi cum nu ar mai fi fost nişte ace, eram acum bombardaţi din toate părţile de o grindină nevăzută.

— Acestea sînt moleculele de aer, îmi spuse profesorul cu un ton foarte natural. Am ajuns atît de mici încît moleculele ne par ca nişte bobiţe de mazăre, şi, cum ele sînt într-o continuă agitaţie, ne supun acestui bombardament.

Deoarece continuam să ne micşorăm, acum în jurul nostru nu mai era peisajul acela plin de stînci şi munţi înalţi, ci ne aflam între doi pereţi verticali, care se întîlneau undeva mai departe într-o muchie ascuţită. De cealaltă parte se deschidea gura văii către alte muchii neregulate ce se zăreau în depărtare. Peste tot acest spaţiu domnea o lumină stranie, uniformă, verzuie, care venea din toate părţile datorită transparenţei pereţilor de sticlă. Dar cel mai remarcabil lucru din această situaţie era starea mea. Grindina nevăzută care mă bombarda din toate părţile s-a înteţit foarte tare, încît devenise insuportabilă. Nu mai erau înţepături, ci adevărate ghionturi, ca şi cum nenumăraţi pumni nevăzuţi mă loveau permanent din toate părţile, din toate direcţiile şi pe toată suprafaţa corpului. Din cînd în cînd, cîte un ghiont mai tare mă arunca la oarecare distanţă. M-am uitat la profesor, dar în acea clipă şi el a fost aruncat undeva mai departe, pentru ca în clipa următoare, o altă lovitură să-l aducă aproape de mine. Am făcut amîndoi eforturi să ne apropiem unul de altul şi ne-am prins de mînă. Cu acelaşi calm pe faţă, cu acelaşi zîmbet jucăuş în privire mi-a spus :

— Sîntem aproape de dimensiunile moleculelor. Sîntem atît de mici încît le simţim ca pe nişte ghionturi, dar nu le vedem deoarece ele se mişcă cu viteze ameţitoare. Le simţim numai cum ne bombardează. Ţine-mă strîns şi priveşte la pereţii stîncilor.

M-am uitat la stîncile din faţă şi apoi spre cele pe care le văzusem mai înainte prin deschiderea văii. Ce curios ! Unde pînă mai adineaori pereţii erau lucioşi, ca tăiaţi în sticlă, acum suprafaţa lor era mată şi difuză, parcă se pierdeau în ceaţă, dar nu era nici o ceaţă căci crestele mai depărtate se vedeau mult mai clar şi chiar lucioase.

— Şi moleculele din pereţii stîncilor se mişcă tot aşa, cu viteze foarte mari, fără a părăsi însă materialul ce-l constituie ; dar, datorită acestei mişcări, suprafaţa de contact cu aerul a devenit difuză. Hai să ne apropiem de perete !

Aceeaşi lumină uniformă şi stranie domnea peste tot. Încercam cu greutate să ne deplasăm pe muchia orizontală de sticlă pe care ne aflam. Ne deplasam cu greutate pentru că şi de jos de pe unde călcam simţeam în tălpi multe lovituri care ne aruncau în sus, astfel că mersul nostru era mai mult un ţopăit de ici colo. Un astfel de salt ne-a aruncat într-un perete de stîncă, de unde am fost respinşi imediat departe de el cu o violenţă neobişnuită. În acest moment l-am scăpat pe profesor din mînă şi a început infernul ! Cădeam în gol în viteză, dar şi înghiontit şi aruncat în toate părţile de acea grindină nevăzută. Loviturile acesteia au devenit atît de puternice, încît în curînd am realizat că nu mai cad, ci eram, de fapt, aruncat cu violenţă încoace şi încolo şi cu viteze foarte mari.

Treceam peste faptul că durerea pricinuită de aceste lovituri era insuportabilă şi mă amuza zborul acesta dezordonat al meu în toate direcţiile : cînd în sus, cînd la dreapta, cînd în jos, cînd în faţă şi aşa mai departe, cu totul la întîmplare. M-am uitat înspre profesor. El executa acelaşi balet spaţial ca şi mine, imperturbabil şi amuzat, ca un copil ce se joacă pe tobogan în parcul de distracţii. Din cînd în cînd ne loveam de ceea ce trebuia să fie un perete, pe care abia că-l mai distingeam, dar de fiecare dată eram aruncaţi cu violenţă pe o direcţie perpendiculară pe el. Aceasta era singura regulă pe care o simţeam în acest haos total : în timp ce în aer eram aruncaţi absolut la întîmplare,

peretele — aproape cu regularitate — ne arunca perpendicular pe suprafața lui. Continuînd să ne micșorăm, situația devenea și mai dramatică. Violența cu care eram loviți creștea, distanțele la care eram aruncați creșteau și ele. Chiar și acum, cînd am ajuns aproape de dimensiunea unei molecule, nu le văd pe acestea în jurul meu, datorită vitezei foarte mari cu care ele se deplasează. Simt foarte violent impactul, am senzația pentru o fracțiune de secundă că am și văzut-o, dar sînt aruncat cu o viteză amețitoare în altă direcție. Dacă nu aș fi în lumea imaginației, aș fi de mult pulverizat, dar așa mă complăceam în dansul acesta sălbatic în care eram intrat fără a mă putea da deoparte. De profesor nici urmă : el, participînd la aceeași agitație cu aceleași viteze amețitoare, nu mai poate fi văzut. Poate că și în clipa asta a trecut pe lîngă mine, poate că m-am și ciocnit cu el, dar de văzut nu ne mai puteam vedea. Cînd am realizat acest fapt îngrozitor, că am devenit atît de singur într-o asemenea aglomerație și agitație nevăzută, am început să strig ca un apucat :

— Profesoreee ! Hai înapoi ! Profesoree ! Vreau să ne întoarcem !

Agitația nebunească a continuat însă. Curînd am realizat că loviturile pe care le primeam parcă nu mai erau atît de dure, iar distanțele la care eram aruncat nu mai erau atît de mari. Situația s-a îmbunătățit acum foarte mult. Mișcarea mea este comparativ mai lentă și am și senzația de cădere. Am căzut, pentru că acum simt ceva tare sub mine care mă aruncă în sus, în țopăiala pe care deja o cunosc. Am senzația că văd ceva țopăind de asemenea la oarecare distanță de mine și realizez că este profesorul. Ne apropiem în salturi unul de altul. Profesorul are același calm și aceeași privire zîmbăreț-visătoare. Pare complet stăpîn pe situație. De fapt și mie mi-a dispărut frica, acum cînd știu că vraja lucrează în sensul bun, adică al drumului spre casă. Grindina nevăzută se mărunțește. Hăul amețitor din jurul nostru începe să lase loc primelor creste. Pereții devin din ce în ce mai lucioși, muchiile mai ascuțite, crestele coboară, peisajul devine din ce în ce mai variat, mai accentuat, apar lumini și umbre în această împărăție de cristal, lumina nu mai este uniformă, ci acum vine dintr-o direcție anume, de undeva de deasupra. Crestele își reduc înălțimea și nu mai simțim nici măcar înțepături pe față. Sărim cu ușurință pe vîrful unei stînci și de acolo ni se dezvăluie un platou întins și strălucitor. După un timp constatăm că acest platou devine lucios și se întinde pînă aproape de ceea ce ar trebui să fie un orizont, unde se curbează în niște pereți verticali și transparenți pînă hăt în sus. Acum este clar că sîntem în interiorul unui imens pahar de sticlă. Undeva, deasupra noastră, pe pata albă, unanimă, unde ar trebui să fie cerul, se află linia subțire a unui cerc : este buza paharului. Cercul crește în diametru, peretele se apropie din toate părțile. În curînd ne va strînge, așa cum storci o cîrpă udă în mînă. Profesorul și cu mine ne luăm instinctiv în brațe pentru a înfrunta mai bine strînsoarea ce se apropie. Sîntem prinși. Simt încordarea mușchilor profesorului care îmi spune să stau liniștit. Strînsoarea devine sufocantă... nu mai pot respira, cînd...

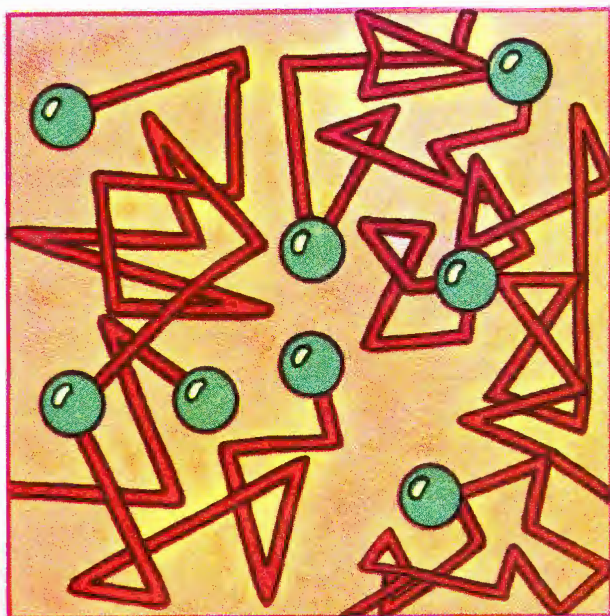
— Uuuf, ce bine e să poți respira din nou în voie ! exclam eu fericit, desprinzîndu-mă din strînsoarea profesorului și alergînd printre cioburile împrăștiate pe masă după spargerea paharului.

Am așteptat să ne facem suficient de mari, încît să coborîm de pe masă pe scaune, și iată-ne acum, la dimensiuni normale, așezați la locurile noastre, bucuroși că ne-am văzut cu bine acasă. În fața noastră, pe fața de masă, un pahar gol și niște cioburi împrăștiate stau mărturie pentru aventura noastră care tocmai s-a încheiat.

. . . .

— Ei, cum ți-a plăcut expediția noastră ?

— Îți mulțumesc foarte mult ! Călătoria făcută astăzi a fost plină de învățăminte.



Nu o voi uita toată viața. Mai ales ghionturile, primite în coaste și peste tot, îmi vor trezi totdeauna cele mai vii amintiri !

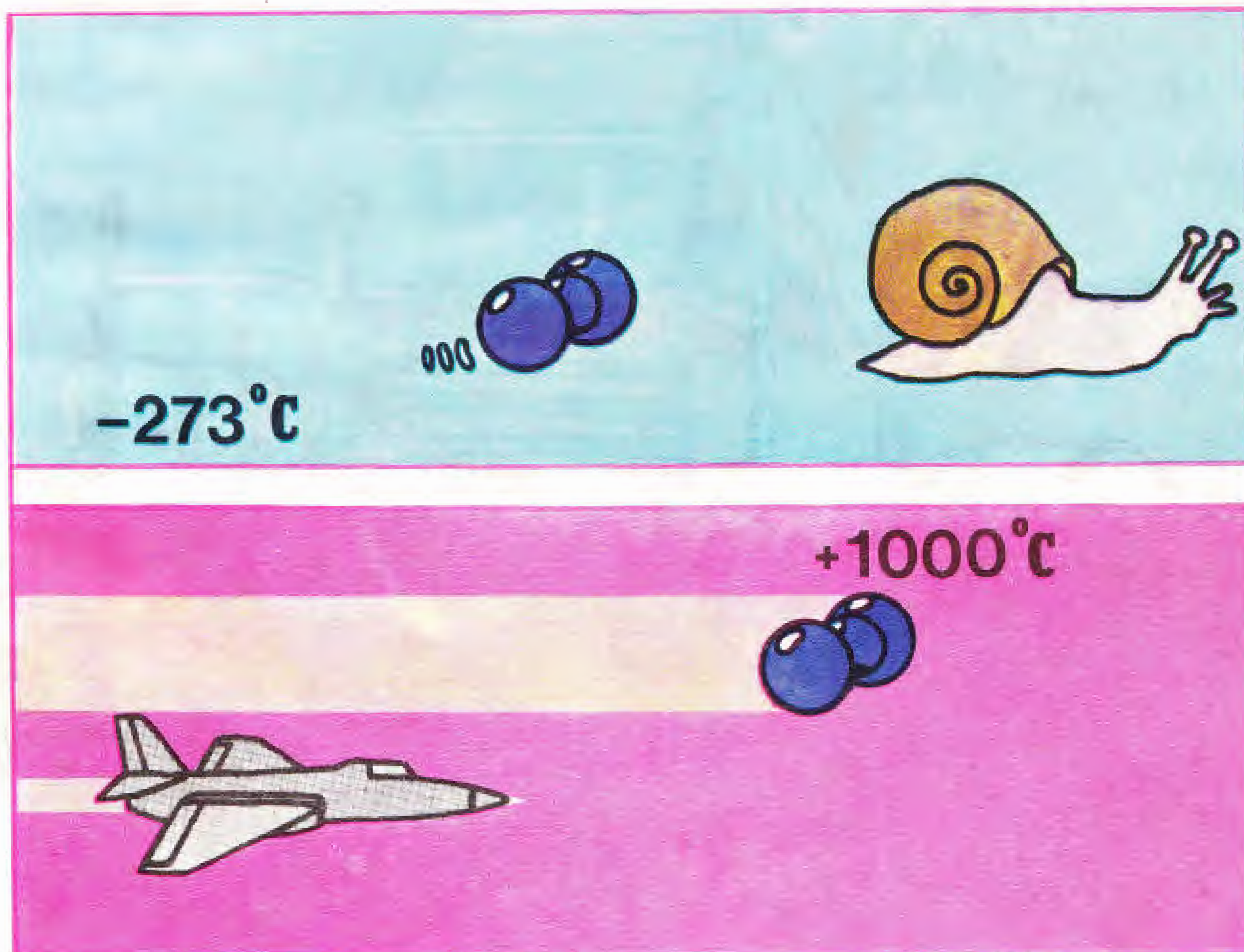
— Ai participat la mișcarea browniană, atunci cînd erai împins de colo pînă colo de acea grindină nevăzută, iar în acel dans amețitor cînd ai strigat după ajutor, ai făcut parte tu însuți din agitația moleculară.

— Dar, profesore, dacă am ciudă pe ceva, este că, deși am fost printre ele, la dimensiunea lor, nu am apucat să le văd !

— Acesta mi se pare mie cel mai fascinant aspect al călătoriei noastre.

— Dar, la urma urmei, ce formă au aceste molecule ? Din ce sînt ele făcute ?

— Iar te grăbești ! N-au intrat zilele în sac. Vom discuta probabil și această problemă la timpul ei. Ceea ce vreau să-ți spun acum, este faptul că și aici, pentru ca noi să aflăm cîte ceva despre comportarea moleculelor, oamenii de știință au contribuit de-a lungul timpului, fiecare cu părticica lui, pentru a construi teoria cinetico-molecu-





lară, care arată cum materia reține cantități însemnate de energie sub formă de căldură, care este suma energiilor cinetice a tuturor moleculelor care o compun. Un corp, cu cît este mai cald, cu atît conține molecule mai energice, adică molecule ce se mişcă cu viteze mai mari. Dacă în excursia noastră aerul ar fi fost la temperatura de $-273°$ Celsius, am fi văzut moleculele abia mişcîndu-se, le-am fi putut studia şi forma şi compoziția. La această temperatură, moleculele au foarte puțină energie cinetică, pentru că au viteza practic zero, adică sînt aproape în repaos. Dacă, din contră, aerul din pahar ar fi avut $+1\,000°$ Celsius, moleculele s-ar fi mişcat cu o viteză atît de mare, ne-ar fi lovit atît de violent, încît n-am mai fi văzut nici măcar atît cît am văzut.

Fundamentată ştiințific de teoria cinetico-moleculară, termodinamica ne învață cum să folosim această energie înmagazinată în corpuri (sub formă de căldură) pentru a realiza motoarele care au pus pe roate civilizația noastră.

Sînt şi aici de reținut cîteva nume pentru cultura ta generală :

Robert Brown, biologul, care a descoperit mişcarea browniană, Joseph Stephan şi Ludwig Boltzmann care au contribuții importante la elaborarea teoriei cinetico-moleculare şi inginerul francez Sadi Carnot care, stabilind în ce condiții putem extrage energia din corpuri, a contribuit la dezvoltarea de mai tîrziu a termodinamicii.

Mi-am coborît privirea spre fața de masă. Acolo, cuminți, două pahare goale, din care profesorul şi cu mine am băut ceaiul în acea memorabilă după-amiază de vacanță, stăteau mărturie discuției noastre.

A fost sau nu reală călătoria noastră în lumea moleculelor ?

DIN CE SÎNT FĂCUTE MOLECULELE ?

— Profesore, mă uit la halba ta de bere şi la paharul meu de pepsi şi nu mă pot opri să nu mă gîndesc ce dans halucinant efectuează moleculele din care sînt ele făcute, şi, prin contrast, ce liniştite stau lichidele în paharele lor.

Cînd adresam aceste cuvinte prietenului meu, fizicianul, eram aşezați la o masă pe terasa uneia din cabanele din jurul Cîmpulungului. Mă pregăteam din nou să-l atac cu o serie de întrebări, dar amînam momentul pentru că îl vedeam în ceea ce el numea „dispoziție de vacanță". Se amuza ca un copil de tot ce se întîmpla în jurul lui şi rîdea de orice fleac ce i se ivea în cale. Cînd i-am vorbit de moleculele ce se agită în berea sa atît de liniştită, a căpătat din nou aerul său visător şi mi-a zis :

— Priveşte ce odihnitoare este pădurea şi tot peisajul care se desfăşoară în fața noastră. Cîtă pace şi linişte poate să ne transmită, dar dacă ne gîndim la fiecare frunză care se agită, la vietățile care se gonesc unele pe altele, insectele de toate felurile care compun acest peisaj, tabloul nu mai este deloc liniştit. Cu toată agitația zilnică a ființelor microscopice de pe ea, Terra noastră apare în cosmos ca o calmă, frumoasă, liniştită planetă albastră...

— Dar moleculele, zic eu, cum sînt alcătuite ?

Profesorul a izbucnit în rîs. Încăpățînarea mea de a ști neapărat cum arată și din ce sînt făcute moleculele care mă bombardaseră deunăzi îl amuza nespus.

— Dragul meu, moleculele astea ale tale determină proprietățile tuturor corpurilor din jurul nostru. Apa este apă, pentru că este formată din molecule de apă. Sticla are proprietățile pe care le cunoaștem, pentru că este formată din molecule de sticlă. Această pungă de plastic are proprietățile plasticului, pentru că este formată din molecule de mase plastice. Sarea din solniță are gustul pe care îl știi pentru că este formată din molecule de sare. Sau, atenție de data asta, sau pepsiul din paharul tău îți place atît de mult pentru că este format din foarte multe molecule de apă amestecate cu molecule de zahăr, amestecate cu niște molecule de anumite substanțe pe care nu le știu, care îi conferă gustul de pepsi. Pînă și tu, care mă privești acum cu gura căscată, ești o adunătură de tot felul de molecule, printre care cele de apă constituie majoritatea : cam optzeci și doi la sută !

Există o întreagă știință, Chimia, care se ocupă cu studiul acestor molecule și cu proprietățile substanțelor care sînt formate din aceste molecule. Prin diverse reacții chimice, moleculele unei substanțe se combină cu cele ale altei substanțe dînd naștere la molecule noi ale unei alte substanțe. Și așa, chimiștii, creînd noi tipuri de molecule, creează noi substanțe cu proprietăți noi, dînd astfel naștere unei noi industrii : industria chimică, al cărei rol în civilizația modernă nu mai este cazul să-l discutăm, căci îl cunoaște oricine.

— Deci, profesore, moleculele determină proprietățile corpurilor.

— Hai să spunem ca la școală : moleculele sînt cele mai mici particule din materie care mai păstrează încă proprietățile chimice ale substanței din care fac parte.

— Am înțeles : dacă împart în două apa dintr-un pahar, obțin două pahare cu apă. Împărțite din nou în două sau în trei, tot peste apă dau, pînă ajung la molecule.

— Bravo ! Așa este !

— Dar dacă despic în mai multe bucăți o moleculă de apă, atunci ce obțin ?

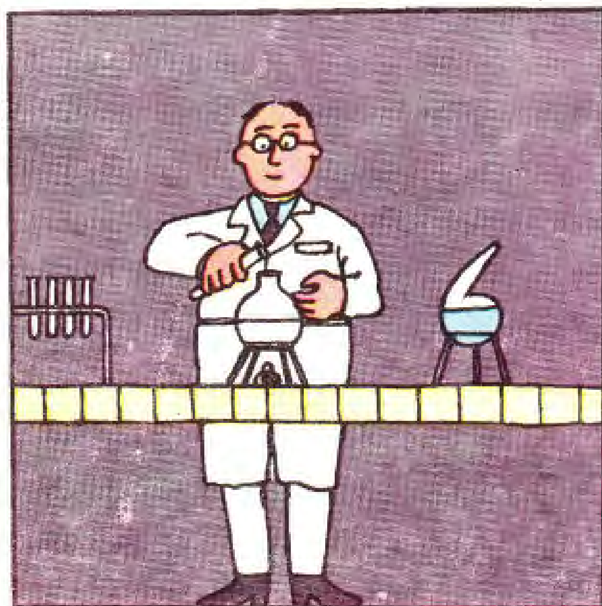
— Oxigen și hidrogen.

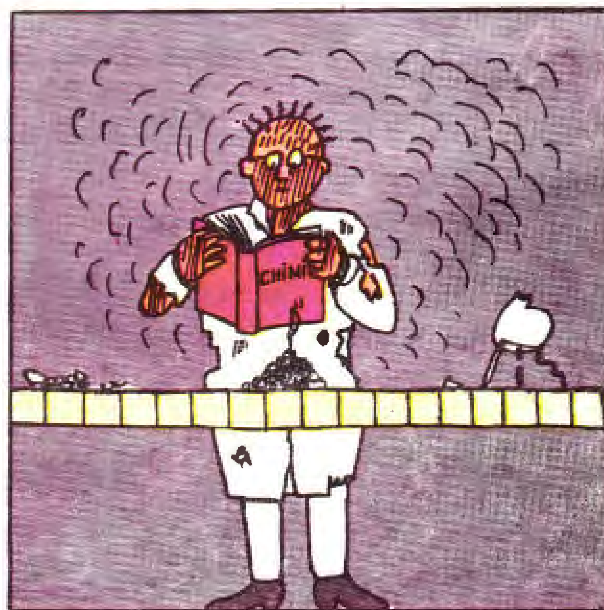
— Care sînt altceva decît apă, nu-i așa ?

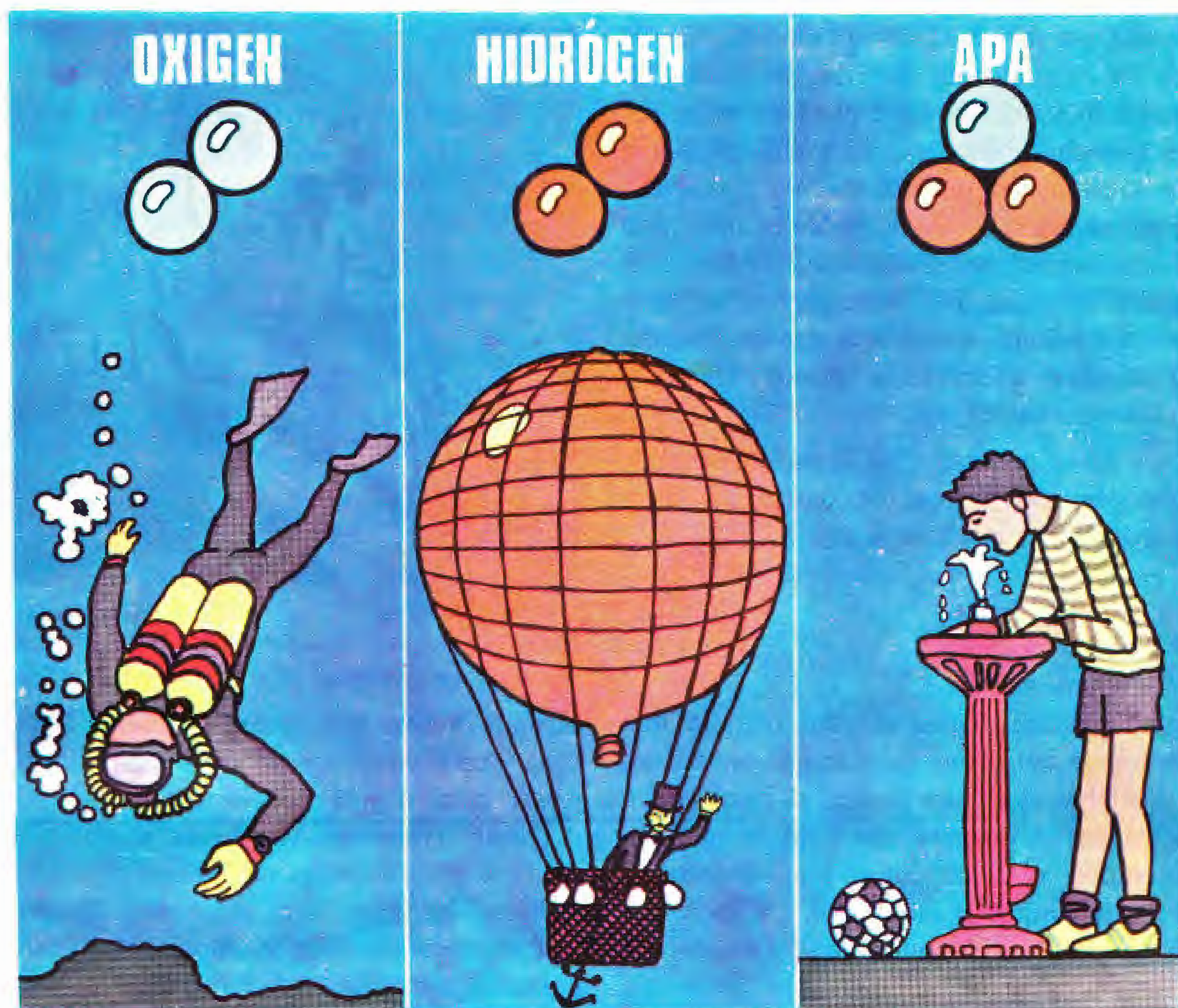
— Există molecule de oxigen ?

— Da.

— Există molecule de hidrogen ?







— Există.

— Din ce este formată o moleculă de oxigen ?

— Din doi atomi de oxigen legați unul de altul.

— Dar o moleculă de hidrogen ?

— Din doi atomi de hidrogen legați unul de altul.

— Dar o moleculă de apă din ce este făcută ?

— Dintr-un atom de oxigen și doi atomi de hidrogen legați toți trei împreună.

— Dar o moleculă de sare ?

— Dintr-un atom de sodiu și un atom de clor legați unul de altul.

— Dar o moleculă de acid sulfuric ?

— Dintr-un atom de sulf, patru atomi de oxigen și doi atomi de hidrogen, legați toți împreună.

— Deci, înțeleg că moleculele sînt formate din atomi, fiecare moleculă avînd o anumită combinație de atomi.

— Această combinație de atomi se mai numește și formulă chimică a moleculei. De exemplu, formula chimică a apei este H_2O, adică doi atomi de hidrogen scriși cu simbolul H și un atom de oxigen scris cu simbolul O. Formula chimică a sării de bucătărie este NaCl, adică într-o moleculă de sare se află un atom de sodiu, care se mai numește și natriu, și are simbolul Na și un atom de clor care are simbolul Cl. Să-ți mai dau un exemplu : o moleculă de bicarbonat de sodiu are formula $NaHCO_3$,

fiindcă este formată dintr-un atom de carbon, trei de oxigen, unul de hidrogen şi unul de sodiu. Şi astfel, chimia e plină de mii şi mii de asemenea formule, căci există mii şi mii de substanţe chimice cunoscute şi alte mii şi mii urmează a fi realizate de oameni, prin reacţii chimice, adică combinaţii de molecule pentru a obţine noi molecule cu noi proprietăţi. Acesta constituie în sine un domeniu extraordinar al ştiinţei şi tehnicii : chimia şi industria chimică.

— Mi-ai pomenit pînă acum de atomi de hidrogen, de oxigen, de natriu, de clor, carbon, sulf ; mai sînt şi alţii ?

— Da.

— Cîţi ?

— Cam o sută.

— Cum adică ?

— Fizicienii depun eforturi mari să mai descopere noi tipuri de atomi în natură, şi, din cînd în cînd, mai reuşesc să pună în evidenţă sau să producă cîte unul. În momentul în care au descoperit un nou tip de atom, îi dau un nume şi un simbol, aşa încît chimiştii să-l poată pune în formulele lor chimice.

— Deci, înţeleg că pe Pămîntul pe care noi locuim, există circa o sută de feluri de atomi, din care sînt făcute toate substanţele care există în jurul nostru.

— Da, dar nu numai pe Pămînt, ci în tot universul cunoscut : şi pe Lună şi pe Marte şi pe Jupiter şi în alt sistem solar şi în altă galaxie. Atomii constituie elementele de bază pentru întreg universul.

— Există o listă a lor ?

— Există un tabel. El se numeşte tabloul periodic al elementelor sau tabloul lui Mendeleev.

— Ce sînt elementele ?

— Elementele sînt substanţe chimice care sînt făcute dintr-un singur fel de atomi. De exemplu, oxigenul este un element, fierul este un element pentru că moleculele lor sînt făcute numai din atomi de oxigen sau din atomi de fier, sodiul are moleculele formate numai din atomi de sodiu. Deci, dacă există circa o sută de atomi diferiţi, există circa o sută de elemente.



MENDELEEV

Dmitri Ivanovici Mendeleev a observat că dacă se înşiră elementele după greutatea atomilor lor, apar nişte proprietăţi chimice care se repetă periodic, stabilind o clasificare periodică a elementelor chimice.

— Profesore, tu ştii acest tabel ? Vreau să spun, poţi să-mi înşiri toate elementele aşa cum se află ele în tabloul periodic ?

Întrebarea mea a rămas fără răspuns. Profesorul a privit roată împrejur, şi, constatînd că nu mai e nimeni pe terasă, s-a uitat la ceas şi a declarat că este tîrziu, că dacă nu plecăm imediat, riscăm să ne prindă noaptea înainte de a ajunge acasă. Am părăsit în grabă cabana şi am plecat în marş forţat spre casă. Am parcurs în linişte drumul. Profesorul mă zorea mereu, iar eu, de ce să nu recunosc, eram cu mintea aiurea, în lumea moleculelor şi a atomilor. Cînd am ajuns acasă, se înserase bine. Profesorul a cerut scuze la ai mei pentru întîrziere, şi, la despărţire, mi-a spus că, dacă îmi face plăcere, pot să vin a doua zi după-masă la ora cinci, dar fix la ora cinci, să bem obişnuitul ceai împreună.

INCANTAŢIA

Ca să pot ajunge fix la ora cinci la prietenul meu fizicianul, am plecat mult mai devreme decît trebuia de acasă. În preajma vilei unde locuia, a trebuit să zăbovesc şi să mă învîrtesc încoace şi încolo, pînă s-a făcut ora să pot intra la el.

M-a primit într-un mod foarte solemn. În cameră, apa pentru ceai fierbea molcomă într-un vas în care era scufundat termoplonjorul. Două ceşti de porţelan albe cu gura larg deschisă, aproape ca nişte castronele, stăteau pregătite pe o măsuţă joasă, confecţionată ad-hoc, după cîte mi-am dat seama, dintr-o planşetă mare pusă pe nişte scaune culcate şi acoperită cu o faţă de masă verde. Auzisem de „cia-no-yu“, ceremonia ceaiului la japonezi şi am înţeles că pregătise toată această înscenare, pentru a mă introduce în atmosferă.

Fără să scoată un cuvînt, profesorul îmi face un semn solemn şi autoritar cu un gest larg al mîinii, să mă aşez la măsuţă în dreptul ceştii mele. În locul indicat nu am văzut nici un scaun sau ceva asemănător, dar, cum gestul său nu lăsa nici un dubiu, m-am aşezat pe covor, cu picioarele adunate sub mine în faţa ceştii. Un fel de sfială solemnă începuse să mă cuprindă. M-am lăsat antrenat de joc şi am urmărit oarecum fascinat ceremonia ceaiului ce a urmat, pe care profesorul a executat-o ca un mare virtuos, cu gesturi largi şi sigure, aşezat ca şi mine, de partea cealaltă a mesei. Cînd licoarea colorată şi aburindă se afla deja în ceşti în faţa noastră, profesorul şi-a proptit mîinile pe genunchi, a luat o poziţie foarte solemnă şi m-a privit cu gravitate preţ de un minut. Eram fascinat, intimidat, şi, de ce să nu spun, puţin speriat de solemnitatea momentului. În sfîrşit, cu o voce gravă, parcă nepămînteană, cu un ritm foarte pronunţat, incantatoriu, a rostit următoarele :

Hihéli bebocárno fluornéna
mgalsíphoss clarpóca scatíva
cromán fecóni cuzínga.

Gerársse brokriprúb stroyzír
niobmótec rurhopálag cadín
stastíb teioxéces balacépra.

Neodpróm saméug terdýho
ertúyb luháfta woréos
irplatau methálplumb bipólat.

Ronfrárad acthópa urnéppu
amcúmber calésfer mennólaw.

Am rămas stupefiat. Cu aceleaşi gesturi largi, profesorul a luat o sorbitură lungă de ceai, ţinînd ceaşca cu amîndouă mîinile, ca pe o cupă. După acest interludiu cu ceai, profesorul a repetat incantaţia, cu aceeaşi voce venită parcă din altă lume, dar de data asta şi mai nuanţat, accentuînd puternic vocalele, pe care eu le-am marcat cu un accent pentru dumneavoastră. L-am ascultat cu atenţie mărită de această dată şi am putut observa că acele cuvinte neobişnuite pe care le rostea, aveau o muzicalitate deosebită şi erau încărcate de o poezie stranie, care, împreună cu tot ceremonialul, alcătuit de profesor, mi-au transmis o stare specială de euforie. Cînd a terminat a doua rostire a incantaţiei, profesorul nu mai avea acea mască împietrită pe care o păstrase tot timpul de la venirea mea în vizită. Acum mă privea calm, în tăcere, şi în ochi îi revenise căldura



aceea prietenoasă şi glumeaţă dintotdeauna.

— Profesore, încep eu, şi constat că trebuie să tuşesc uşor ca să-mi dreg glasul după emoţia pe care o trăisem, a fost foarte frumos, dar te rog spune-mi ce-a fost asta ?

Omul din faţa mea a luat din nou ceaşca de ceai cu amîndouă mîinile, a băut din ea restul cu o singură sorbitură, dar nu tot atît de solemn şi m-a privit zîmbind în continuare. Am băut şi eu tot ceaiul în linişte, iar după ce am terminat a dat la o parte cele două ceşti eliberînd masa şi a pus pe ea un carton mare alb, pe care era scrisă incantaţia şi pe care îl avea pregătit sub masa improvizată.

— Este o incantaţie ezoterică ; este un imn dedicat universului unitar. Este scris în metru antic, în ritm iambic uşor transformat şi te rog să primeşti de la mine acest carton, să-l pui pe perete la tine în cameră şi să-l înveţi pe dinafară, că nu vei regreta. Şi mi l-a înmînat peste masă.

— Mulţumesc foarte mult. Dar în ce limbă este scris şi ce înseamnă ?

— Ghiceşte.

— Nu pot : greacă nu este, spaniolă, engleză, germană, nu ; esperanto, am văzut o dată un text, dar nu seamănă cu acesta. O fi vreo limbă moartă, hitită, sau aşa ceva.

— Nu, nu este o limbă moartă. Acest imn este scris în cea mai vie, cea mai eternă, şi, de ce nu, în cea mai universală limbă de pe acest Pămînt : cea a ştiinţei. Cunoscîndu-i cheia, şi un englez şi un african şi un indian şi un japonez va înţelege mesajul lui fără să întîmpine dificultatea limbii.

— Dă-mi şi mie cheia, am exclamat eu nerăbdător. Atîta mister era prea mult pentru curiozitatea mea greu pusă la încercare în aceste zile.

— Dragul meu, am impresia că ai uitat ce mi-ai cerut ieri, cînd eram pe terasă la cabană.

— Ba îmi amintesc foarte bine. Discutam

despre molecule şi atomi. Mi-ai spus că în univers sînt peste o sută de feluri de atomi. ce constituie elementele, că fiecare element poartă un nume şi are un simbol. Mi-ai mai spus că toate aceste elemente sînt înşirate în tabloul periodic al elementelor, compus prima dată de Mendeleev. Aha ! La sfîrşit, te-am întrebat dacă ştii acest tablou.

— Ai o memorie foarte bună ! La sfîrşit m-ai întrebat dacă îţi pot spune pe dinafară tabelul periodic al elementelor.

— Iar tu ai privit împrejur, ai constatat că e tîrziu şi am plecat acasă.

— Iar acum ai răspunsul meu, sub forma unei incantaţii dedicată universului unitar. Căci într-adevăr, incantaţia pe care am rostit-o şi pe care o ai acum în faţa ochilor, nu este altceva decît tabloul periodic al elementelor, pe care l-am aranjat în aşa fel încît să-l poată învăţa oricine, chiar sub forma unei poezii. Deoarece, prin forţa lucrurilor, nu i-am putut aranja o rimă perfectă, am accentuat pe ritm, aşa cum scandau versurile anticii. Dar hai să parcurgem împreună prima strofă, pentru a-ţi da cheia descifrării imnului :

Hi-hé-li be-bo-cár-n-o fluor-né-na

înseamnă *hi*drogen, *he*liu, *li*tiu, în primul cuvînt ; *be*riliu, *bo*r, *car*bon, *n*itrogen (azot) şi *o*xigen, în cel de-al doilea ; *fluor*, *ne*on, *na*triu, în cel de-al treilea cuvînt. Îţi atrag atenţia că uneori am pus simbolul elementului, cum e cazul la He pentru heliu, Li pentru litiu, N pentru azot (nitrogen), O pentru oxigen, iar alteori am pus prima silabă a numelui elementului, cum e cazul la Hi pentru hidrogen, sau *Car* pentru carbon. care au, de fapt, simbolurile H şi C. Am făcut acest lucru pentru că, dacă puneam numai simbolurile elementelor, nu aş fi obţinut muzicalitatea necesară scandării poeziei.

Al doilea vers

mgalsiphoss clarpoca scativa

reprezintă următoarele elemente din tablou :

magneziul, aluminiul, siliciul, fosforul (Phosphor), sulful, clorul, argonul, potasiul (kaliu), calciul, scandiul, titanul şi vanadiul.

Cel de-al treilea vers din prima strofă

croman feconi cuzinga

se referă la următoarele elemente din tablou şi anume : crom, mangan, fier, cobalt, nichel, cupru, zinc, galiu.

Te las pe tine ca, acasă, cu tabelul periodic în faţă, să descifrezi cele două strofe ce urmează. Acum, ne vom uita la cele două versuri din ultima strofă :

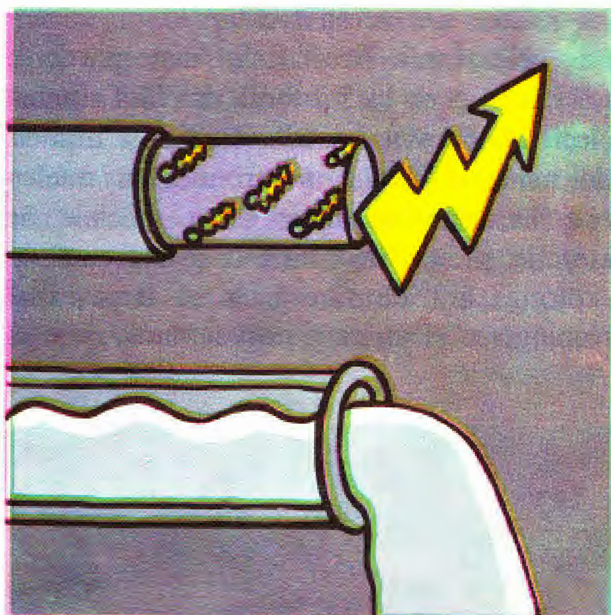
ronfrarad acthopa urneppu

înseamnă radon, franciu, radiu, actiniu, thoriu, protactiniu, uraniu, neptuniu şi plutoniu, iar în sfîrşit, ultimul vers, care sună foarte frumos :

amcumber calesfer mennolaw

în care ultimul cuvînt te rog să-l pronunţi menolau, reprezintă o bună parte a transuranienelor, adică a elementelor de dincolo de uraniu şi anume : americiu, curiu, berkeliu, californiu, einsteiniu, fermiu, mendeleeviu, nobeliu şi laurenţiu, numite astfel în cinstea marilor savanţi, fizicieni sau personalităţi, care au fost soţii Curie, Albert Einstein, Enrico Fermi, Dmitri Ivanovici Mendeleev şi Ernest Lawrence.

Mi-am aruncat ochii spre cartonul alb din faţa mea. Am fost cuprins de un fior : acolo se aflau nişte cuvinte, care la început mi s-au părut stranii şi fără semnificaţie, înşirate într-un poem cu o structură anume, într-o ordine anume. Acum, cînd le cunoşteam sensul, m-am simţit copleşit de importanţa momentului : aveam în faţă universul ; numele cărămizilor de bază din structura Pămîntului, Lunii, sistemului solar, galaxiei noastre şi a celor dimprejur ! Şi încă ceva : simţeam că pe acel carton se află concentrată munca tuturor înţelepţilor, savanţilor fizicieni şi chimişti de pe Terra, care în sute, poate chiar mii de ani, au studiat, au experimentat, au suferit, s-au bucurat, au luptat pentru a stabili un lanţ de adevăruri despre lumea înconjurătoare, ade-



ţime de molecule foarte mici. Ei bine, şi curentul electric este format din molecule de curent electric, care sînt mult mai mici decît moleculele de apă, şi anume, de zeci de mii de ori mai uşoare. Şi, aşa cum în apa care curge fiecare moleculă duce cu ea cea mai mică cantitate de apă, tot aşa în curentul electric care curge, fiecare electron duce cu el cea mai mică cantitate de electricitate. Electronii sînt atît de mici, încît nici nu e nevoie ca firul prin care trece curentul electric să fie găurit pe dinăuntru, aşa cum este furtunul ; el este un fir pur şi simplu, iar electronii se strecoară printre atomii din fir, curg pe lîngă ei, cum curge apa printre pietre în pîraiele de munte. Deci electronii sînt mult, mult mai mici decît atomii, de mii de ori mai uşori, foarte mici şi fac parte din structura atomilor.

— Dar, profesore, eu ştiu că electricitatea este de două feluri : pozitivă şi negativă. Cum sînt electronii aceştia ?

— Electronii, care curg în curentul electric şi cei din atomi, sînt negativi. În condiţii cu totul speciale, apar şi nişte electroni pozitivi, pe care îi numim pozitroni.

— Să ştii că nu înţeleg un lucru. Te rog să mă urmăreşti şi să-mi spui unde greşesc : atomii au în compoziţia lor electroni. Moleculele au în compoziţia lor atomi, deci şi electroni. Corpurile au în compoziţia lor molecule, deci şi atomi, deci şi electroni. Ar rezulta de aici că toate corpurile ar trebui să fie încărcate cu electricitate negativă ; ceea ce, ştiu că nu e adevărat !

— Ai dreptate ! Corpurile, în general, sînt neutre din punct de vedere electric, pentru că moleculele din care ele sînt făcute sînt neutre, pentru că atomii din care sînt făcute moleculele sînt neutri. Atomii sînt neutri pentru că în fiecare se află pe lîngă electroni şi un număr de particule încărcate pozitiv, egal cu numărul de electroni. Aceştia sînt protonii. Protonii sînt deci nişte particule care au sarcina electrică egală cu a electronului, dar pozitivă.

— Circulă şi ei în curentul electric prin fire ?

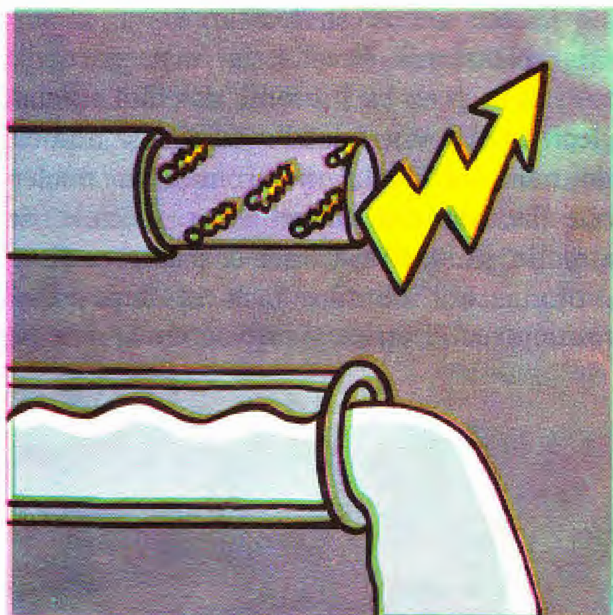
— Nu, ei nu circulă prin fire, din mai multe motive. Unul din aceste motive este faptul că protonul este de 1 848 de ori mai greu decît electronul, deci nu este atît de sprinten.

— Deci, atomii sînt formaţi din electroni, care sînt negativi şi foarte uşori, şi protoni, care sînt pozitivi şi foarte grei. Dar, profesore, eu ştiu că două sarcini electrice de semn contrar se atrag. Înseamnă asta că electronii şi protonii stau lipiţi doi cîte doi ?

— Ai uitat discuţia din tren ? În natură există atracţie, dar şi mişcare, aşa că te rog să-ţi imaginezi următorul tablou despre atomi : în centru se află sarcinile pozitive adunate grămadă, iar în jurul acestei grămezi pozitive, pe care o vom numi nucleu, se învîrtesc electronii. În nucleu — protonii, iar în jurul nucleului se rotesc electronii.

— Precum planetele în jurul Soarelui !

— Exact ! de aceea acest tablou se şi numeşte modelul planetar al atomului. Şi aşa precum în cazul sistemului solar, Soarele este mult mai greu decît planetele, tot



ţime de molecule foarte mici. Ei bine, şi curentul electric este format din molecule de curent electric, care sînt mult mai mici decît moleculele de apă, şi anume, de zeci de mii de ori mai uşoare. Şi, aşa cum în apa care curge fiecare moleculă duce cu ea cea mai mică cantitate de apă, tot aşa în curentul electric care curge, fiecare electron duce cu el cea mai mică cantitate de electricitate. Electronii sînt atît de mici, încît nici nu e nevoie ca firul prin care trece curentul electric să fie găurit pe dinăuntru, aşa cum este furtunul ; el este un fir pur şi simplu, iar electronii se strecoară printre atomii din fir, curg pe lîngă ei, cum curge apa printre pietre în pîraiele de munte. Deci electronii sînt mult, mult mai mici decît atomii, de mii de ori mai uşori, foarte mici şi fac parte din structura atomilor.

— Dar, profesore, eu ştiu că electricitatea este de două feluri : pozitivă şi negativă. Cum sînt electronii aceştia ?

— Electronii, care curg în curentul electric şi cei din atomi, sînt negativi. În condiţii cu totul speciale, apar şi nişte electroni pozitivi, pe care îi numim pozitroni.

— Să ştii că nu înţeleg un lucru. Te rog să mă urmăreşti şi să-mi spui unde greşesc : atomii au în compoziţia lor electroni. Moleculele au în compoziţia lor atomi, deci şi electroni. Corpurile au în compoziţia lor molecule, deci şi atomi, deci şi electroni. Ar rezulta de aici că toate corpurile ar trebui să fie încărcate cu electricitate negativă ; ceea ce, ştiu că nu e adevărat !

— Ai dreptate ! Corpurile, în general, sînt neutre din punct de vedere electric, pentru că moleculele din care ele sînt făcute sînt neutre, pentru că atomii din care sînt făcute moleculele sînt neutri. Atomii sînt neutri pentru că în fiecare se află pe lîngă electroni şi un număr de particule încărcate pozitiv, egal cu numărul de electroni. Aceştia sînt protonii. Protonii sînt deci nişte particule care au sarcina electrică egală cu a electronului, dar pozitivă.

— Circulă şi ei în curentul electric prin fire ?

— Nu, ei nu circulă prin fire, din mai multe motive. Unul din aceste motive este faptul că protonul este de 1 848 de ori mai greu decît electronul, deci nu este atît de sprinten.

— Deci, atomii sînt formaţi din electroni, care sînt negativi şi foarte uşori, şi protoni, care sînt pozitivi şi foarte grei. Dar, profesore, eu ştiu că două sarcini electrice de semn contrar se atrag. Înseamnă asta că electronii şi protonii stau lipiţi doi cîte doi ?

— Ai uitat discuţia din tren ? În natură există atracţie, dar şi mişcare, aşa că te rog să-ţi imaginezi următorul tablou despre atomi : în centru se află sarcinile pozitive adunate grămadă, iar în jurul acestei grămezi pozitive, pe care o vom numi nucleu, se învîrtesc electronii. În nucleu — protonii, iar în jurul nucleului se rotesc electronii.

— Precum planetele în jurul Soarelui !

— Exact ! de aceea acest tablou se şi numeşte modelul planetar al atomului. Şi aşa precum în cazul sistemului solar, Soarele este mult mai greu decît planetele, tot

aşa şi nucleul atomului este mult mai greu decît toţi electronii la un loc.

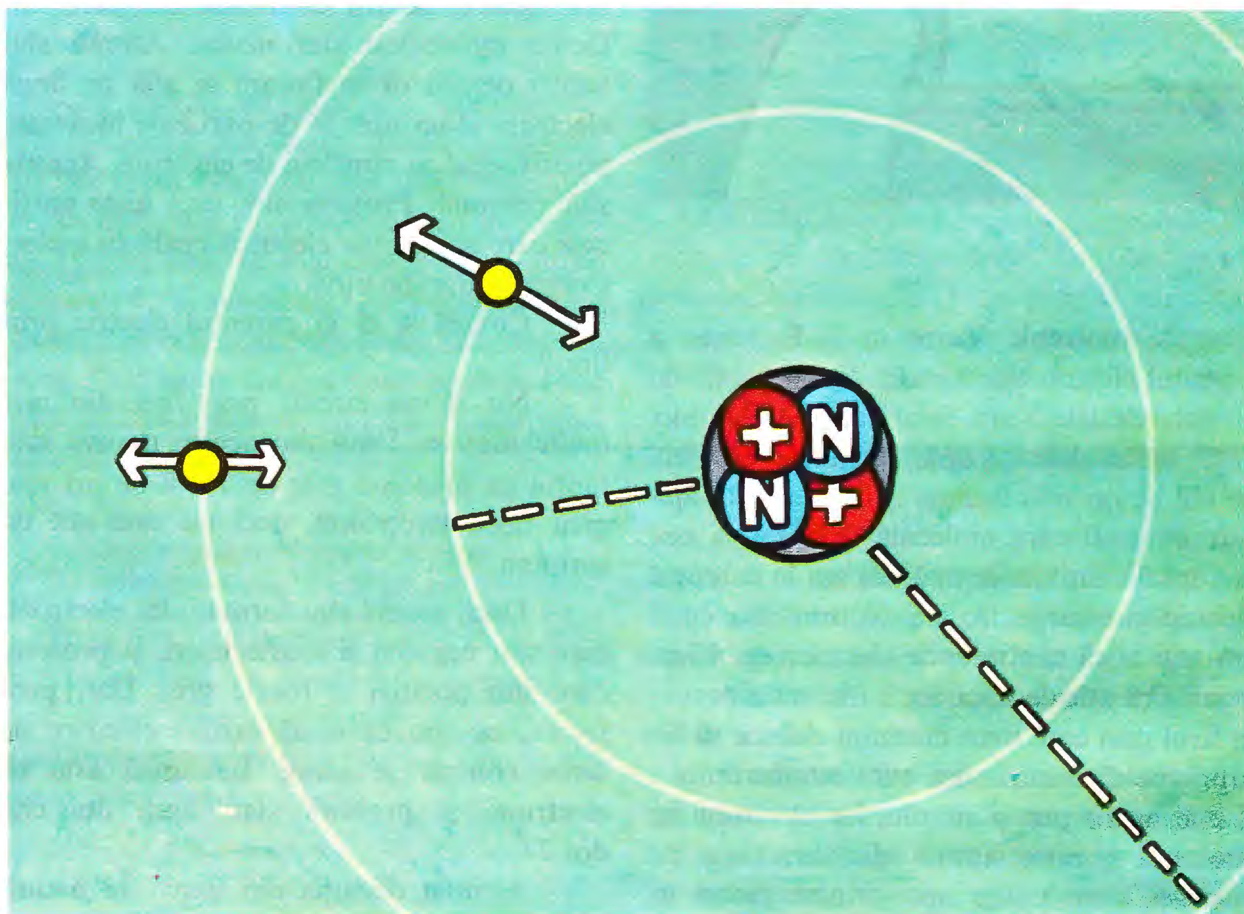
— Iartă-mă, profesore, dar tot este ceva ce nu înţeleg!

— Spune, bătrîne, că poate îi găsim explicaţia!

— Eu ştiu că sarcinile electrice de acelaşi semn se resping. Dumneata îmi spui acum că în nucleu sînt adunaţi grămadă mulţi

— Cine sînt aceşti locatari?

— Neutronii. Aceştia sînt nişte particule tot atît de grele ca protonii, dar fără sarcină electrică. Ei sînt neutri: de aici şi numele de neutroni. Rolul neutronilor în nucleu este ca, datorită unor forţe speciale de atracţie, să se atragă între ei şi împreună cu protonii, atît de tare încît să depăşească respingerea electrică dintre sarcinile de ace-



protoni. Nu se resping între ei? După cîte ştiu eu, forţa de respingere electrică (forţa lui Coulomb) este invers proporţională cu pătratul distanţei, deci protonii adunaţi grămadă ar trebui să se respingă foarte puternic.

— Aşa şi este. Protonii adunaţi singuri în nucleu s-ar respinge cu o forţă extraordinară. Dar mai sînt în nucleu nişte locatari, care au darul de a ţine protonii frumuşel la locul lor.

laşi fel. Această atracţie, pe care o numim nucleară, se manifestă atît între neutroni, cît şi între protoni şi chiar şi între neutroni şi protoni, dar numai la distanţe foarte mici între ei.

— Prin urmare, profesore, într-un atom se află tot atîţia protoni cît şi electroni. Protonii se află în nucleu împreună cu neutronii. Cîţi neutroni? Tot atîţia cît şi protonii şi electronii?

— Nu. Cu neutronii problema este puţin

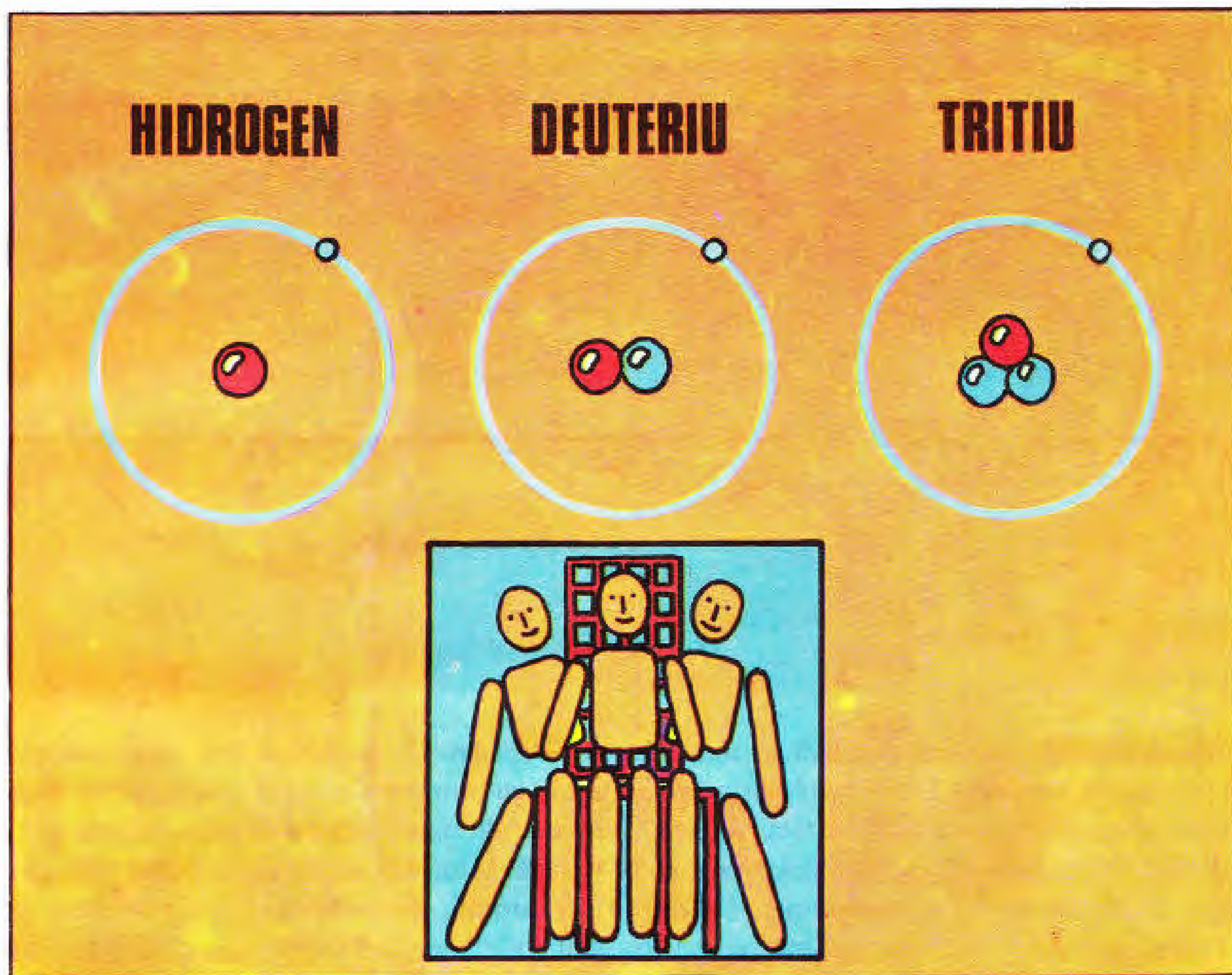
mai complicată. Dacă privim la tabloul periodic, vom vedea că în timp ce la începutul lui, la atomii uşori, numărul de neutroni din nucleu este cam egal cu numărul de protoni, către atomii cei mai grei, cum ar fi uraniul sau californiul, numărul de neutroni din nucleu devine cam o dată şi jumătate mai mare decît cel al protonilor. Dar hai să construim cu mintea nişte atomi, ca să vedem cum stau lucrurile. Cu ce să începem ?

— Eu zic să începem cu începutul :

Hiheli bebocarno fluornena...

— Să începem cu hidrogenul. Atomul de hidrogen este foarte simplu : un proton în jurul căruia se roteşte la o oarecare distanţă un electron. Sarcina nucleului : plus unu. Număr de electroni : unu.

— Atît de simplu ?



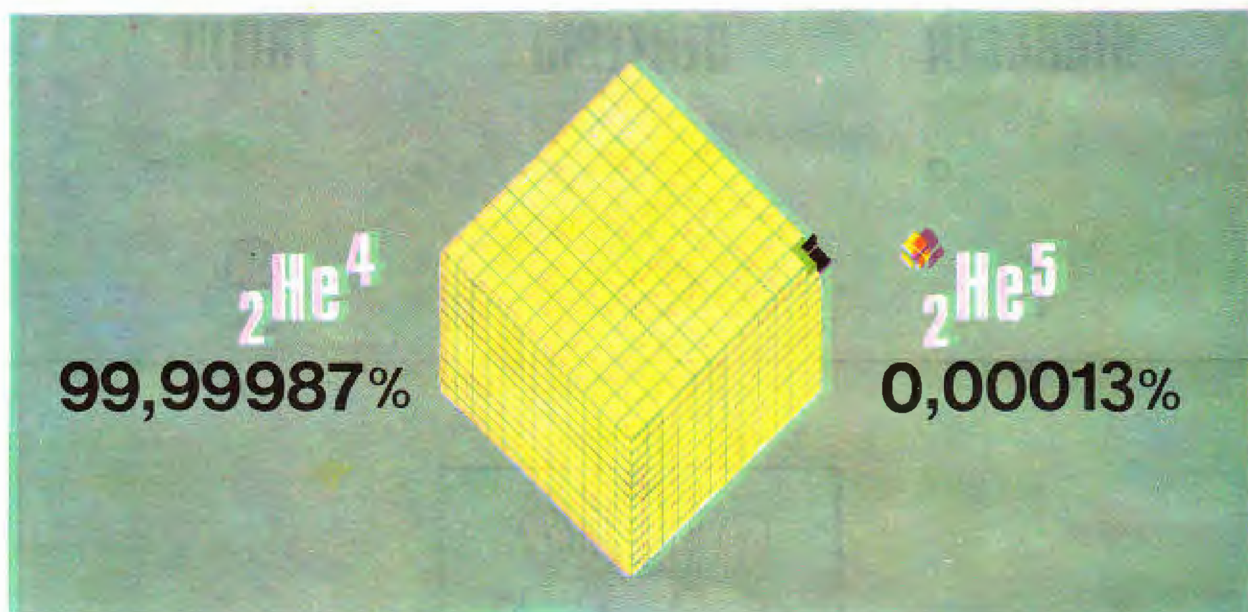
— Da : simplu şi nu prea simplu, pentru că în natură mai există şi alţi atomi de hidrogen şi anume unul, de exemplu, are în nucleu un proton şi un neutron, iar la oarecare distanţă se roteşte un electron. Sarcina nucleului : plus unu. Numărul de electroni : unu. Deci tot atom de hidrogen, cu aceleaşi proprietăţi chimice, dar este mai greu. Acest atom de hidrogen poartă un nume : Deuteriu. Apa care are în molecule Deuteriu în loc de Hidrogen se numeşte apă grea şi joacă un rol important în reactorii nucleari. Poate că vom ajunge să vorbim şi despre ei.

Dar să revenim la hidrogen şi să complicăm lucrurile şi mai mult. În natură mai există şi un al treilea tip de atom de hidrogen şi anume tritiul. El are în nucleul său un proton şi doi neutroni, iar la oarecare distanţă

de nucleu se roteşte un electron. Sarcina nucleului : plus unu. Număr de electroni : unu. Deci tot hidrogen. Are aceleaşi proprietăţi chimice, adică apare în aceleaşi formule moleculare, cum ar fi apa, care poate apare ca H_2O, D_2O sau T_2O. Şi ştii de ce ? Pentru că proprietăţile chimice ale unui element sînt date de electronii de pe orbite, iar cele trei tipuri de atomi de hidrogen avînd toate cîte un singur electron pe orbită au şi aceleaşi proprietăţi chimice. Deoarece hidrogenul, deuteriul şi tritiul au cîte o doilea element este heliul, care are simbolul He.

— Foarte bine. Heliul, avînd locul doi în tablou, va avea în nucleu doi protoni. Pe lîngă aceştia, se mai află şi doi neutroni. În jurul nucleului, la o oarecare distanţă, pe două orbite separate, se rotesc doi electroni. Acesta este izotopul $_2He^4$ al heliului. Pe lîngă acesta, se mai află în natură şi izotopul $_2He^5$.

— Care are doi protoni şi trei neutroni, în nucleu.



singură sarcină electrică pozitivă în nucleu, ei ocupă toţi trei locul 1 în tabelul periodic al elementelor. Pentru că toţi trei ocupă „acelaşi loc" şi pentru că „acelaşi loc" pe greceşte se zice izotop, ei se mai numesc izotopi ai hidrogenului. Simbolurile lor vor fi : $_1H^1$, $_1H^2$ şi $_1H^3$, cifra pusă ca un exponent însemnînd numărul total de protoni şi neutroni din nucleu, pe care îl numim număr de masă şi îl notăm cu A. Cifra din stînga jos reprezintă numărul de protoni din nucleu şi în acelaşi timp şi numărul de ordine din tabelul periodic al elementelor ; îl numim numărul atomic şi îl notăm cu Z. Să trecem acum la $Z=2$, adică la locul al doilea din tabelul periodic. Care este al doilea element ?

— Hiheli bebocarno fluornena... Al

— Exact. Deci heliul are doi izotopi : unul cu număr de masă patru şi unul cu număr de masă cinci. Dar cum se află ei în natură ? În proporţii egale ? Nu ! Dintre toţi atomii de heliu existenţi, 99,99987% sînt $_2He^4$, iar 0,00013% sînt $_2He^5$. În limbajul fizicienilor, spunem că abundenţa izotopică a $_2He^4$ este 99,99987 la sută.

Care este următorul element din tablou ?

— Hiheli bebocarno fluornena... următorul element este litiul.

— Litiul ocupă locul trei în tablou, are deci $Z=3$, ceea ce înseamnă trei protoni în nucleu. Pe trei orbite distincte în jurul nucleului se vor roti trei electroni. Există doi izotopi ai litiului : $_3Li^6$ cu abundenţă izotopică 7,5% şi $_3Li^7$ cu abundenţă izotopică

92,5 %. Primul are deci trei neutroni în nucleu, dar după cum vezi, mai frecvent în natură se află cel cu patru neutroni. Următorul element ?

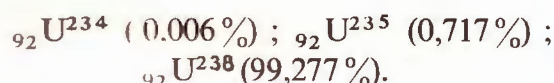
— Hiheli bebocarno fluornena... următorul este beriliul.

— Avînd Z = 4 ocupă locul patru în tablou, cu patru protoni în nucleu şi patru electroni planetari. Beriliul are un singur izotop existent în natură : $_4Be^9$, care are deci abundenţa izotopică 100 %. Atomii care au un singur izotop se mai numesc în această privinţă monoizotopici. Beriliu, fluor, sodiu, aluminiu, fosfor : iată cîteva din cele douăzeci de elemente monoizotopice care se cunosc. Următorul element din tablou ?

— Hiheli bebocarno fluornena... următorul element este borul.

— Z = 5, cinci protoni în nucleu şi cinci electroni planetari. Are doi izotopi : $_5B^{10}$, cu abundenţă izotopică 19 % şi $_5B^{11}$, cu abundenţă 81 %.

Am putea continua astfel cu toate elementele, dar nu am mai aduce nimic nou. E suficient să-ţi spun că unele elemente au şi cîte zece izotopi. Uraniul are trei izotopi :



$_{92}U^{234}$ (0,006 %) ; $_{92}U^{235}$ (0,717 %) ; $_{92}U^{238}$ (99,277 %).

— Profesore, constat că după ce am făcut o excursie în lumea moleculelor, acum am mers mai departe şi am făcut o plimbare în lumea atomilor.

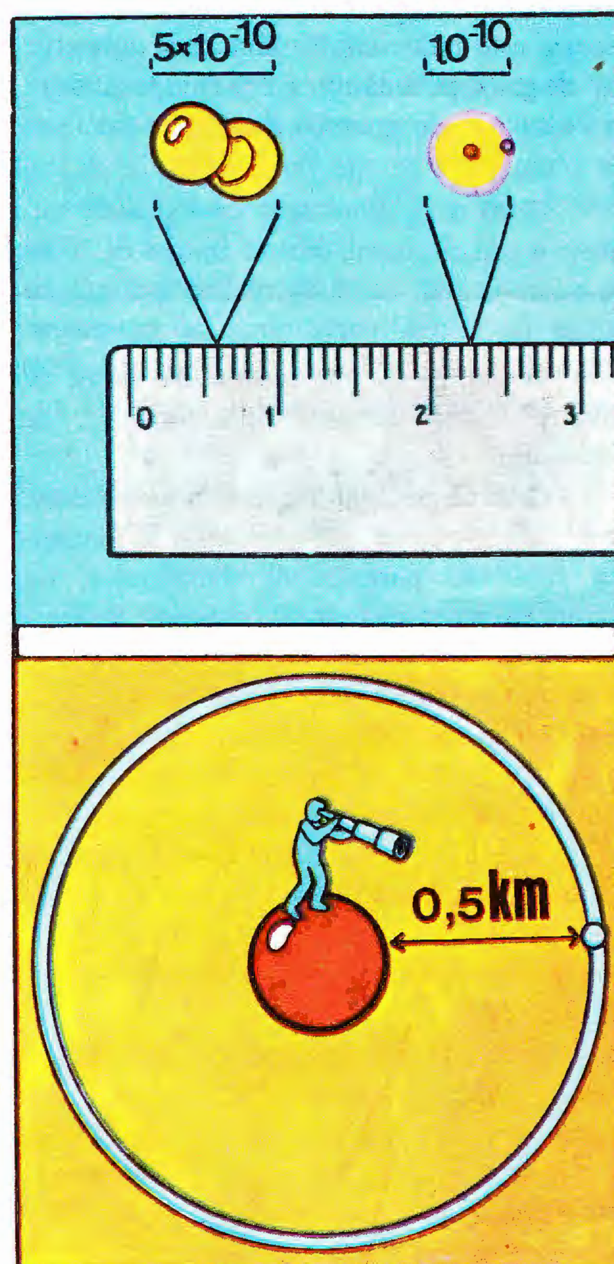
— Şi cu alte ocazii vom merge şi mai departe, în lumea nucleelor atomice şi poate că vom ajunge şi în lumea particulelor nucleare. Dar pentru că vorbim de excursie în microcosmos, în lumea obiectelor foarte mici, hai să stabilim şi dimensiunile acestora. Moleculele sînt atît de mici, încît pentru a realiza lungimea de un metru, ar trebui să pun cap la cap cîteva miliarde din cele mai mici, sau cîteva milioane din cele mai mari. Lungimea moleculei de hidrogen este de aproximativ

0,0000000005 m

sau, cum mai scriem noi fizicienii : 5×10^{-10} m. Majoritatea moleculelor au însă dimensiuni între 10^{-9} m şi 10^{-6} m.

Dimensiunile atomilor, adică diametrul orbitelor electronilor, se află între 10^{-10} şi 10^{-9} m.

După cum ţi-am mai spus, protonii şi neutronii sînt înghesuiţi într-un nucleu, care este foarte mic în comparaţie cu atomul. Diametrul nucleului este de circa 100 000 ori mai mic decît diametrul atomului, astfel



că dimensiunile nucleelor variază între 10^{-15} şi 10^{-14} m.

Ca să ne dăm seama ce înseamnă aceste dimensiuni, să ne închipuim că sîntem atît de mici încît vedem nucleul atomului de hidrogen cît un bob de mazăre. Ei bine, electronul ar fi o particulă cu masa cît un firicel de praf, care s-ar învîrti cu o viteză ameţitoare în jurul bobului de mazăre, la o jumătate de kilometru distanţă ! Cred că înţelegi cît de gol este un atom. Deoarece electronii sînt foarte uşori, practic toată masa atomilor este concentrată în a suta mia parte din diametrul lor. Restul este vid !

— Imaginea pe care mi-o prezinţi, profesore, este halucinantă. Sînt oare corpurile atît de goale pe dinăuntru ? Şi cînd te gîndeşti ce compactă ne apare o bucată de fier, sau de plumb.

— Dacă ar fi să adun la un loc toate nucleele şi toţi electronii dintr-o bucată de 10 kg de plumb, abia dacă aş realiza un cub cu latura de a mia parte dintr-un milimetru.

— Te rog să-mi mai spui cîteva nume de savanţi legate de acest domeniu atît de interesant.

— Cred că pe lîngă Moseley şi Mendeleev, care au avut contribuţii esenţiale la alcătuirea tabloului periodic al elementelor, nu trebuie să lipsească numele lui Ernest Rutherford care a efectuat experimentul capital pentru a stabili că atomii trebuie să aibă o structură planetară, cu un miez mic şi greu în centru, adică un nucleu, în jurul căruia s-ar roti, ca nişte planete, electronii. În sfîrşit, Niels Bohr, care prin calcule făcute a arătat că într-adevăr aşa stau lucrurile. Să-l pomenim şi pe Arnold Sommerfeld, care a perfecţionat calculele lui Bohr, completîndu-le.

— Cred că datorită lecţiilor tale de vacanţă, a început să-mi placă foarte mult fizica.

— Nu te grăbi ! Mai avem încă multe de discutat, iar lucrurile, pe măsură ce devin mai frumoase, se şi complică.

ISPRĂVILE ELECTRONILOR

Eram, toţi ai mei împreună cu profesorul, adunaţi în sufrageria vilei unde locuiam aici în Cîmpulung şi urmăream la televizor un meci de fotbal. Cînd acesta s-a terminat, mama a adus încă un rînd de dulceaţă de zmeură şi cafele, în timp ce eu şi sora mea îl urmăream pe profesor, cum îşi prepara tacticos pipa. Îl amuza foarte mult operaţia aceasta, căci o făcea cu un ceremonial anume. Tata, care avea chef de vorbă după victoria echipei noastre naţionale, bucurîndu-se că, deşi plecat din capitală, a putut urmări meciul la televizor, a exclamat:

— Mare lucru şi televiziunea asta, domnule ! Cîte minuni nu se mai întîmplă şi în cutia asta pătrată, ca eu să pot vedea de aici, din Cîmpulungul Moldovei, pe băieţii noştri cum dau în minge pe stadion la Bucureşti.

— Asta este isprava electronilor, intervine profesorul, care tocmai reuşise să aprindă luleaua.

— Cum aşa ? intervin eu. Dar electronii se învîrtesc cuminţi în jurul nucleelor în atomi !

— Da, dar unii dintre ei, care sînt pe la periferia atomului, se mişcă practic liberi prin unele corpuri, mai ales prin metale şi aceştia sînt răspunzători de mai toate fenomenele electrice.

— Şi cum reuşesc ei să-mi facă mie imaginea la televizor ?

— Simplu : Unda electromagnetică ce circulă prin spațiu trimisă de antena din București, ajunge la antena noastră de pe casă dînd naștere la un curent electric, care crește și scade în timp, așa cum dictează antena din București. Acest curent variabil în timp, coboară pînă la televizorul nostru. Aici curentul este amplificat, adică din ce în ce mai mulți electroni circulă prin fire, așa cum dictează antena de emisie. În televizor, în tubul cu ecran, în kinescop, se produce un fascicul de electroni, care căzînd pe ecran, produce un spot luminos. Alte circuite, în care se mișcă alți electroni, mișcă spotul de la stînga la dreapta în linii și de sus în jos ca să acopere cu lumină tot ecranul. În sfîrșit, curentul ce vine de la antenă, după ce a fost amplificat, spune spotului acesta plimbător în fiecare moment să fie mai strălucitor sau mai întunecat, după cum este comanda de la antenă și astfel apare imaginea pe ecran. Mai precis, cincizeci de imagini pe secundă, suficient ca noi să vedem una singură, dar mișcătoare. Electronii ! Totul este isprava electronilor. Toată electricitatea pe care dumneavoatră o cunoașteți și chiar cea pe care nu o cunoașteți, spuse rîzînd profesorul, este isprava acestor particule „... mult mai mici ca boaba spumii“, vorba lui Mihai Eminescu.

— Dragă profesore, eu știu că despre electricitate s-au scris multe cărți și tratate, dar eu aș vrea să te întreb numai cîteva lucruri ca să-mi formez o imagine cît mai generală.

— Îți stau la dispoziție, îmi spuse profesorul, privind glumeț prin fumul aromat al pipei.

— Ce înseamnă că un corp este încărcat cu electricitate ?

— Cînd în corpul respectiv se află mai mulți electroni decît protonii din nucleele atomilor, corpul este încărcat cu electricitate negativă. Cînd, din contra, în corp se află mai puțini electroni decît protonii din nuclee, el este încărcat cu electricitate pozitivă.

— Ce este curentul electric ?

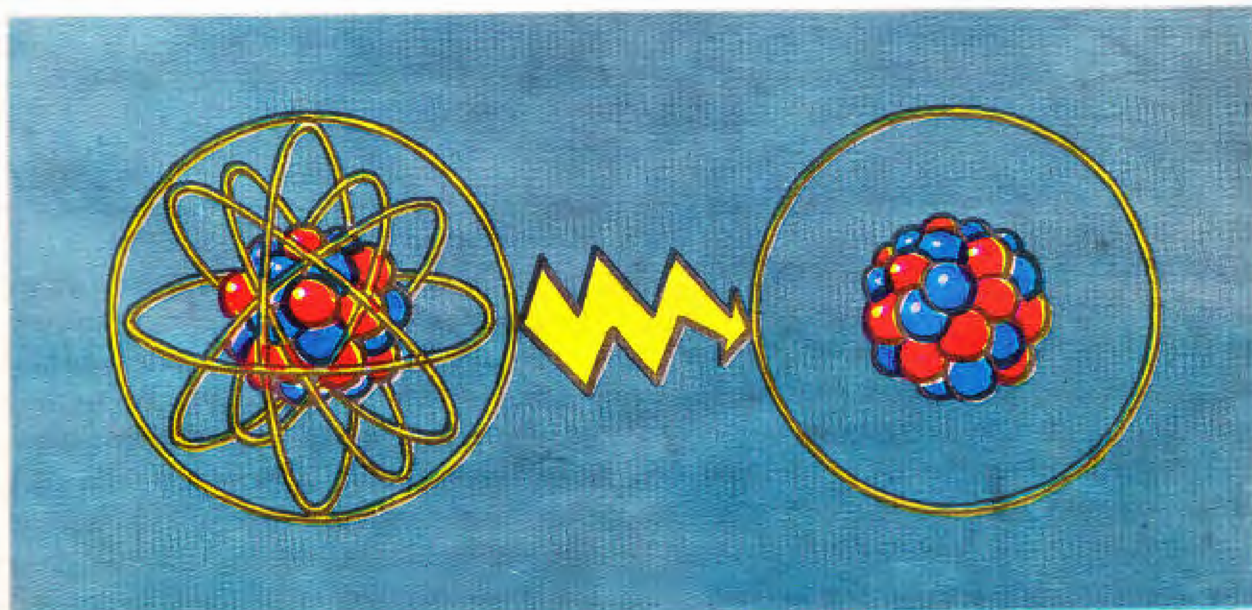
— Este circulația de electroni, de la un corp cu surplus de electroni la unul cu mai puțini electroni decît el.

— Cine mînă electronii de-a lungul unui fir ?

— Tendința de uniformizare a diferenței de sarcină de la un corp la altul, care se numește diferență de potențial, sau orice tensiune electromotoare, adică capabilă să pună în mișcare electronii.

— Ce spune legea lui Coulomb ?

— Două sarcini electrice se atrag sau se resping, după cum au sarcini opuse sau de același semn, cu forțe direct proporționale





OHM

cu produsul sarcinilor şi invers proporţionale cu pătratul distanţei. Cu alte cuvinte, dacă două sarcini de semn opus se atrag cu o forţă oarecare, dacă măresc distanţa dintre ele de trei ori, forţa va scădea de nouă ori.

— Ce este rezistenţa electrică ?

— Ţi-am povestit mai deunăzi, că electronii se deplasează printr-un fir, ca apa printr-un furtun, dar cu singura diferenţă că firul nu este găurit pe dinăuntru. Electronii se strecoară printre atomi. Ei bine, puse între două puncte cu diferenţă de potenţial dată, prin diferite fire vor trece curenţi diferiţi. Datorită atomilor lor, a secţiunii şi a lungimii lor, firele opun rezistenţă în mod diferit la curgerea curentului. Unele au rezistenţă mai mare, altele au rezistenţă mai mică.

— Cred că acum ar trebui să vorbiţi de legea lui Ohm ! — intervine tata, mîndru de erudiţia lui.

— Da, întocmai ! Legea lui Ohm stabileşte o legătură între intensitatea curentului, măsurată în Amperi, diferenţa de potenţial la capetele conductorului, măsurată în Volţi şi rezistenţa acestuia măsurată în Ohmi. Legea se scrie

$$U = R \cdot I$$

Este fundamentală pentru electricitate şi spune că dacă la capetele unui conductor, care are o rezistenţă de un Ohm, se aplică o diferenţă de potenţial de un Volt, prin acesta va trece un curent de 1 Amper ; sau, dacă la capetele unui conductor de 10 Ohmi rezistenţă se află diferenţa de potenţial de 1 Volt, prin acesta va trece un curent de o zecime de amper.

Deci,

1 Volt = 10 Ohmi × 0,1 Amperi.

— Ce este cîmpul electric, profesore ?

— Este starea ce se creează în jurul unei sarcini electrice şi face ca să acţioneze forţă asupra unei alte sarcini, dacă o aduc întîmplător sau dinadins într-un punct din vecinătatea ei. Cîmpul electric se măsoară în forţa electrică împărţită la sarcina asupra căreia acţionează.

— Este magnetismul legat de electricitate ?

— Da, este un efect al electricităţii în mişcare. În jurul unui fir prin care trece un curent electric, se află un cîmp care face să devieze un ac magnetic.

— Dar o bucată de magnet este şi ea legată de curenţii electrici ?

— În interiorul ei se află mici circuite electrice formate din electroni care se rotesc pe anumite orbite, producînd cîmpuri magnetice microscopice, care, însumate în anumite condiţii, duc la magnetul pe care îl cunoaştem.

— Ce este cîmpul electromagnetic ?

— Un cîmp electric şi unul magnetic, produs de sarcini electrice în mişcare.

— Ce este acela un electromagnet ?

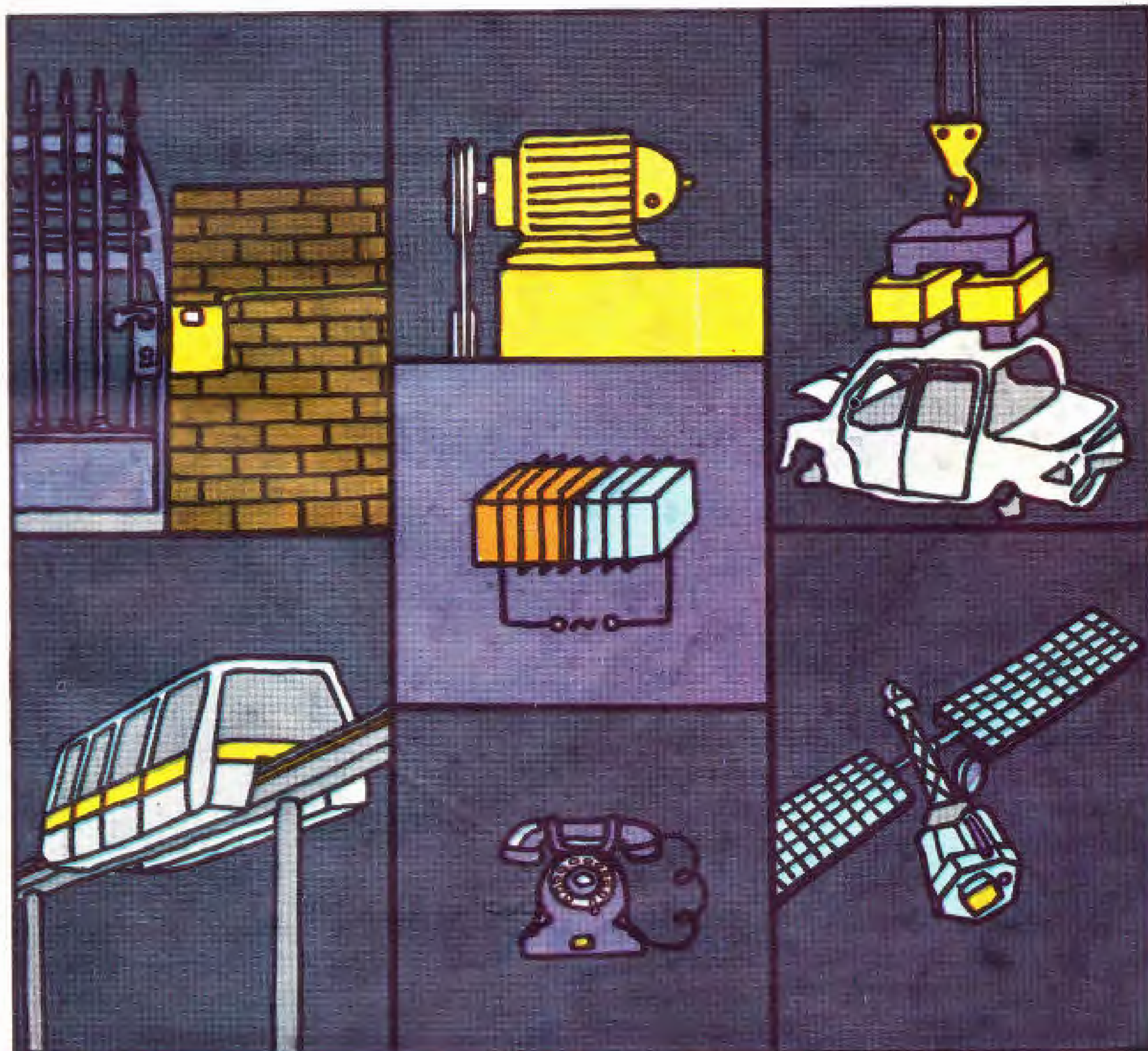
— Dacă în jurul unei bucăţi de fier curat se înfăşoară un fir electric, izolat faţă de fier, şi se trece prin el un curent electric, fierul devine magnet. Dacă curentul este suficient de intens, magnetul e foarte puternic. Dar el este magnet numai atîta timp cît trece curentul prin fir : s-a întrerupt curentul, a încetat şi proprietatea de magnet, deci de a atrage alte bucăţi de fier. Acesta este un electromagnet.

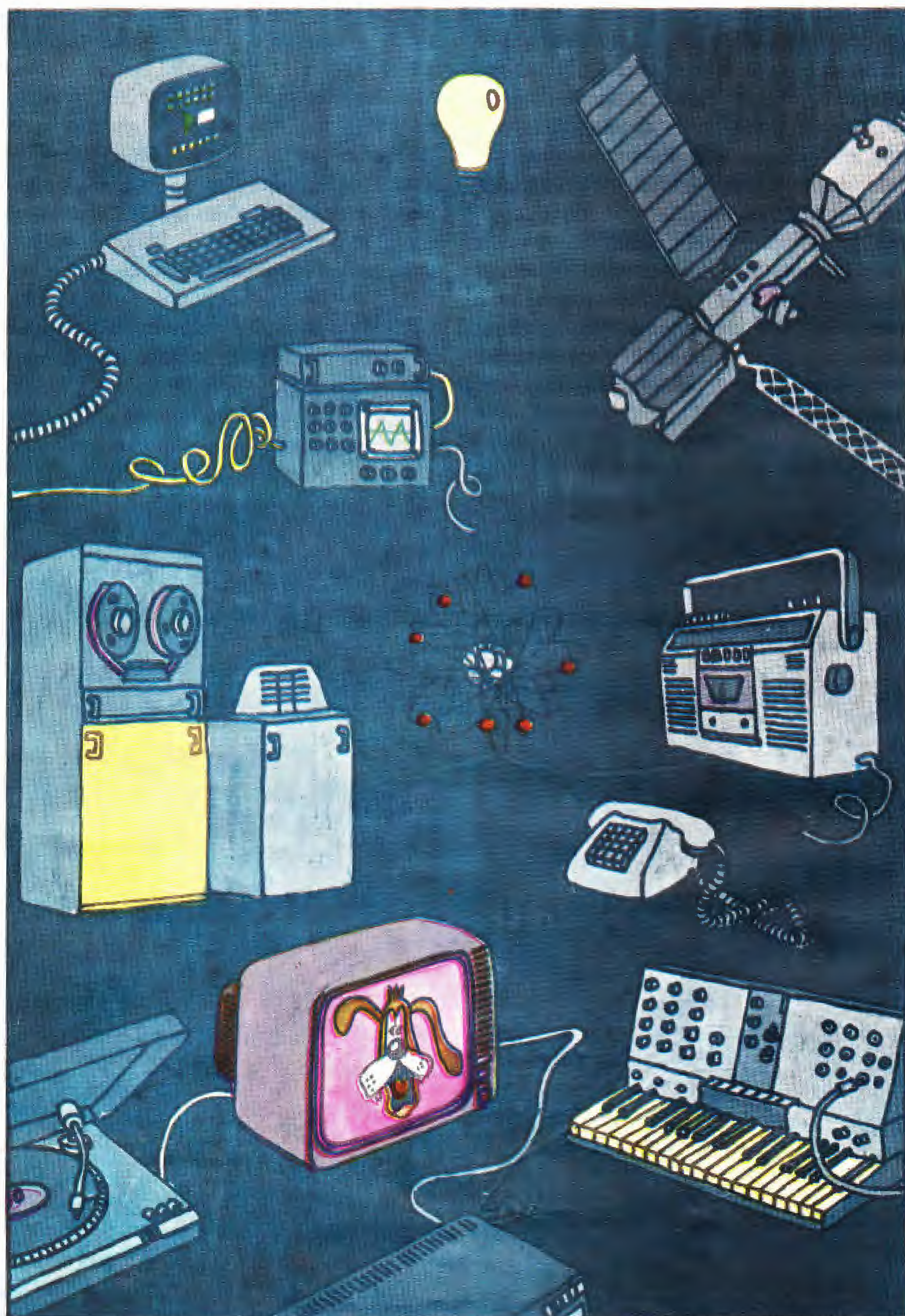
— Foloseşte la ceva ?

— Are o mulțime de întrebuințări. De exemplu, dacă vreau să descui o poartă de la distanță, instalez la zăvor un electromagnet și aduc firele pînă în casă, unde le conectez la o sursă de curent. În momentul în care văd că la poartă este un oaspete așteptat, apăs pe buton, prin fire circulă curent electric, electromagnetul atrage zăvorul și poarta este descuiată. Acest sistem se numește „acționare la distanță“ și electromagnetul poartă numele de releu electromagnetic. Toată industria de astăzi, telecomunicațiile și chiar zborurile spațiale, ar fi de neconceput fără aceste relee. Și în telefonul de la tine de-acasă se află mai multe relee de acest fel.

O altă aplicație este macaraua electromagnetică. În marile depozite de materiale din fier se instalează macarale, care, în loc de cîrlig pentru agățat, au un mare electromagnet. Macaragiul apropie electromagnetul fără curent pînă deasupra piesei ce trebuie mutată, apasă butonul care face să treacă curent prin bobina electromagnetului și acesta se lipește de piesă. Ridicînd electromagnetul, este ridicată și piesa, este transportată la locul dorit, după care se întrerupe curentul, electromagnetul se desprinde de piesă, plecînd să execute o altă operație.

Poate că cea mai importantă aplicație a electromagnetismului o constituie motorul





electric. Nu am timp să vă descriu aici funcţionarea unui motor. Acest lucru se găseşte în orice manual şcolar. Eu vă spun numai în rezumat că motoarele au un stator şi un rotor, care de obicei e partea centrală şi se învîrte. Atît rotorul cît şi statorul pot fi bobinate cu sîrmă de cupru izolată, iar cînd se trece curent prin aceste înfăşurări, rotorul se roteşte producînd o lucrare mecanică oarecare. Montat la un lift, motorul poate să ridice cabina. Montat la o pompă, scoate apa dintr-un puţ. Montat pe un electrocar, transportă greutăţi, iar montat la automobilele noastre porneşte maşina la o simplă întoarcere a cheii.

Profesorul a rămas pe gînduri. Pipa se stinsese de mult. Afară, dinspre Rarău, se lăsase o ceaţă albă şi liniştită ca o vată, care dădea un farmec deosebit înserării. Nu am aprins încă lumina, încercînd să prelungim atmosfera de discuţie în care aflam atîtea lucruri noi.

— Dar undele electromagnetice ce sînt ?

— Cîmp electric şi cîmp magnetic care oscilează, adică creşte şi scade periodic şi se propagă în spaţiu precum valurile pe suprafaţa mării, sau precum sunetul în aer. Datorită acestor unde electromagnetice ascultăm noi acum radioul, privim la televizor, comunicăm cu sateliţii pentru a afla timpul probabil pe tot globul, sau, tot cu ele, comunicăm cu staţiile cosmice trimise să facă fotografii pe alte planete. Prin unde electromagnetice trimitem la ele semnale, care să acţioneze nişte relee, care să pună în funcţiune motoraşe pentru efectuarea de diferite operaţii în spaţiu.

Iată dar, că isprăvile electronilor sînt mult mai importante decît o simplă curiozitate ştiinţifică. Ele înseamnă electricitate, electronică, radio, televiziune, telefoane, comunicări spaţiale, aparatură ştiinţifică şi industrială şi multe altele. Electronii, aceşti spiriduşi submicroscopici, sînt prietenii noştri credincioşi : lucrează pentru noi. Permanent nevăzuţi, ei robotesc, aleargă încoace şi încolo, pentru ca noi să avem căldură, lumină, informaţii, confort, civilizaţie.

S-a înserat de-a binelea. Încăperea a rămas scufundată în tăcere. Mama s-a ridicat şi a apăsat pe întrerupător. Camera fu inundată instantaneu de o lumină binefăcătoare. Am rămas ca hipnotizat, cu privirea fixată pe filamentul becului. Ştiam că acolo, miliarde şi miliarde de electroni alergau, se înghesuiau, ciocneau atomi, dîndu-le energie, încălzind filamentul pînă cînd acesta ajungea la incandescenţă şi lumina încăperea. Prietenii noştri, electronii, trudeau pentru noi.

L-am condus pe profesor pînă aproape de vila lui. Era o seară răcoroasă. I-am spus cît de mult îmi plăcuse povestea electronilor. M-a asigurat că nu mi-a spus decît o mică frîntură din ea, dar m-a rugat să reţin numele unor savanţi ca Michael Faraday, Charles de Coulomb, Alessandro Volta, Georg Ohm şi James Clerk Maxwell, care, în secolul trecut, au pus bazele ştiinţei despre electricitate.

■

UN DANS CU REGULI

La casa de cultură era mare agitaţie. În fiecare sîmbătă seara se obişnuia ca tinerii să se adune aici, unde era organizată un fel de discotecă. Deşi eram cam mic pentru o asemenea manifestare, l-am rugat pe tata să mă lase să mă strecor şi eu să văd ce se întîmplă înăuntru. Ceea ce mă interesa în mod deosebit era orga de lumini, care însoţeşte de obicei cu efecte optice muzica plăcut ritmată produsă de staţia de amplificare. Am pătruns în sala cea mare. Pentru moment muzica nu cînta, iar mai mulţi dintre tineri erau adunaţi în mijlocul sălii unde ascultau cu atenţie explicaţiile pe care le dădea un personaj aşezat pe un scaun chiar în mijloc. M-am apropiat, curios să văd ce se întîmplă ; am rămas uimit, cu ochii mari şi gura căscată : personajul pe care tinerii îl ascultau cu atîta atenţie era chiar el, profesorul. Cu pipa stinsă în mîna cu care gesticula descriind rotocoale, parcă ceva mai pieptănat şi foarte îngrijit îmbrăcat, prietenul meu reuşise să concentreze atenţia generală. Ce le povestea ? tot ceva despre fizică ? Nu. Le descria regulile unui nou dans inventat de el şi acum organiza un concurs. În ce consta acest concurs ? El, profesorul, va sta pe un scaun în mijlocul sălii, iar perechile înscrise în concurs vor dansa vals, roată în jurul său. În timp ce valsau, perechile trebuiau să facă piruete în jurul axei lor. Perechile se puteau roti în cercuri mai mari sau mai mici în jurul scaunului profesorului, dar nu rămîneau în concurs decît acele perechi care reuşeau să execute un număr exact de piruete în timp ce descriau un cerc complet în jurul scaunului : perechile care nu reuşeau erau excluse.

În sfîrşit, staţia a început să cînte un vals de Strauss, iar concurenţii au pornit să danseze, descriind cercuri mai strînse sau mai largi în jurul scaunului din centru, avînd grijă să facă şi piruete în jurul lor. Cu un ochi foarte exigent, profesorul urmărea dacă s-a făcut un număr exact de piruete pe lungimea unui cerc, iar dacă nu, elimina din dans, cu un gest categoric, pe cei ce au călcat regula. În final, au rămas numai trei perechi : una care se rotea pe un cerc foarte apropiat de scaun şi care făcea două piruete în timpul unei rotiri, una mai depărtată care făcea trei piruete şi o a treia şi mai depărtată, care făcea patru piruete în timp ce descria un cerc complet în jurul scaunului.

Profesorul, foarte satisfăcut, ba chiar cu un sentiment de mîndrie în ochi, urmărea rotirea perfectă a celor trei perechi şi modul în care se completau piruetele cu exactitate chiar pe direcţia pe care el îşi fixase nişte repere. Din cînd în cînd, arunca ochii roată să urmărească perechile pe tot parcursul traiectoriei dansante. Într-un asemenea moment, m-a zărit şi pe mine şi mi-a făcut, înveselit, un semn cu pipa rece pe care o ţinea în mînă precum un dirijor bagheta sa.

Cînd muzica s-a oprit, profesorul a felicitat pe dansatori, a cumpărat de la bar trei sticle de Grasă de Cotnari, pe care le-a înmînat în mod solemn, dar fără a-şi ascunde un zîmbet de satisfacţie, cîştigătorilor. După aceea, mulţumind tuturor pentru colaborare, a spus bună seara şi mi-a făcut semn să-l acompaniez.

— Ai văzut dansul ? mă întrebă el cînd am ajuns în stradă. Ei, ţi-a plăcut ?

— M-a amuzat ! Am urmărit o pereche care a încercat să facă cinci piruete într-o

rotație, dar cercul era atît de mare încît riscau să se lovească de pereții sălii, așa că au renunțat.

— Da, da, acea orbită era prea mare.

— Orbită ?

— Da ! Dansatorii se învîrteau în jurul meu, precum electronii pe orbitele lor în jurul nucleului atomic. Iar ceea ce am făcut prin regula concursului, le-am cuantificat orbitele.

— Le-ai cuantificat orbitele ? Ce limbă mai este și asta ? M-am uitat la el amuzat. Și eu care credeam, profesore, că ai ieșit și tu să te distrezi puțin ; cînd colo, tot cu gîndul la fizică erai !

— Te rog să mă crezi că m-am distrat foarte bine ; omul nu are des ocazia în viață să cuantifice niște orbite. Mă bucur foarte mult că s-a întîmplat să fii de față, că aceasta te va face să înțelegi niște lucruri mai tîrziu. Dar, pentru că este tîrziu, a continuat el, îți propun să te duci frumușel acasă, iar mîine după-masă, după ce te-ai săturat de joacă, treci și pe la bătrînul tău prieten, pe la ora cinci, să bem un ceai și să mai stăm de vorbă.

. . . .

— Cred că îți amintești, începu el a doua zi după ce a sorbit din ceașca de ceai aburind, povestea atomilor noștri și anume faptul că electronii ușori și cu sarcină electrică negativă se rotesc pe orbite în jurul nucleelor, care sînt foarte grele și cu sarcină electrică pozitivă. Este momentul să mergem mai departe cu povestirea noastră și să-ți mai spun cîteva lucruri foarte interesante din acest domeniu al fizicii pe care noi îl numim fizica atomică.

Am văzut că te-ai mirat foarte tare, atunci cînd ai aflat cît de goală este materia, că atomul e foarte găunos, concentrînd mai toată masa sa într-o zonă care reprezintă a suta mia parte din diametrul său, restul fiind gol, și numai la margine se rotesc



RUTHERFORD

electronii mișunînd ca un roi de albine foarte, foarte iuți.

Ernest Rutherford a descoperit acest lucru bombardînd foițe foarte subțiri de metal cu particule alfa.

— Particule alfa ? Ce sînt acelea ?

— Sînt nuclee de heliu, adică doi neutroni și doi protoni, particule pe care le emit niște substanțe numite radioactive, despre care îți voi povesti altă dată. Aceste particule alfa, foarte energice, străbăteau ușor materia, trecînd chiar prin spațiile goale ale atomilor, dar atunci cînd se ciocneau față în față cu nucleele erau puternic împrăștiate în toate direcțiile, chiar și înapoi. Studiind cît de tare erau împrăștiate aceste particule alfa, Rutherford a tras importanta concluzie că materia e cam goală și că în atom mai toată masa, și, cu siguranță, toată sarcina electrică pozitivă este concentrată într-un punct central foarte mic, numit, de aceea, nucleu. Nu rămîne de presupus decît faptul că, în jurul acestui nucleu, electronii se rotesc pe orbite ca planetele în jurul Soarelui. Aceste lucruri s-au stabilit în prima decadă a secolului nostru. Rutherford era deja un profesor respectat, deși încă tînăr (se născuse în 1871), și cunoștea o serie de fizicieni mai



BOHR

tineri şi tobă de carte. Printre ei era şi danezul Niels Bohr (născut în 1885), căruia profesorul i-a povestit concluzia sa că atomul trebuie să aibă structură planetară. Ştiindu-l foarte bun la matematică, profesorul l-a sfătuit să încerce să calculeze aceste orbite, să scrie forţa de atracţie electrică între nucleu şi electron, să egaleze forţa de atracţie cu forţa centrifugă datorită rotaţiei electronului, să vadă dacă poate de aici să calculeze raza orbitei electronului, energia electronului pe orbită şi aşa mai departe.

— Şi a reuşit ?

Profesorul a zîmbit, a făcut o pauză încercînd o sorbitură din ceai. Nemulţumit de gestul lui, îmi spuse :

— Să ştii că ceaiul, dacă nu-l bei atîta timp cît este cald, nu mai este bun.

Cum ale noastre se răciseră deja, a golit ceştile şi a preparat altul nou din ceainicul pe care îl avea la îndemînă. După ce a băut din ceaiul nou preparat, a continuat să povestească.

— Niels Bohr a pornit cu rîvnă la treabă, a calculat şi iar a calculat, comparînd mereu rezultatele sale cu spectrele de emisie atomică, pe care le avea deja la dispoziţie şi despre care îţi voi vorbi altă dată, iar cînd calculele lui s-au potrivit foarte bine cu datele experimentale din spectroscopie s-a dus la profesor şi i-a spus că a reuşit să emită un model planetar pentru atomul de hidrogen, că rezultatele calculelor sale se potrivesc foarte bine cu tot ce au măsurat fizicienii pînă la acea oră în spectroscopie, dar numai dacă se admit două ipoteze oarecum ciudate.

Prima ipoteză era că electronii se rotesc în jurul nucleului numai pe anumite orbite, bine determinate. Îţi aminteşti că ţi-am spus că dacă măresc viteza unui satelit îi va creşte în mod corespunzător raza orbitei. E clar că aceasta poate avea orice valoare după cum viteza satelitului poate avea orice valoare peste acea limită necesară pentru a deveni satelit. Bohr a stabilit că la atom electronul nu-şi poate alege decît acele orbite circulare în care produsul între raza orbitei, masa electronului şi viteza lui este o dată, de două ori, de trei ori sau de mai multe ori întregi, aceeaşi mărime fixă. Ciudat, dar numai aşa corespundeau calculele lui cu realitatea. El a arătat că nu orice orbită este posibilă, ci numai anumite orbite sînt posibile. A cuantificat orbitele.

— Aşa cum ai făcut tu cu dansatorii seara trecută ! Am înţeles !

— Aşa cum am făcut eu cu dansatorii seara trecută, dar nu ai înţeles încă. Va trebui să-ţi mai spun o poveste şi apoi vom reveni la dansatorii noştri.

— Şi a doua ipoteză a lui Bohr ?

— A doua ipoteză spunea aşa : electronul poate trece de pe o orbită pe alta, numai dacă primeşte energie din exterior, sau dacă cedează energie către exterior.

— Foarte interesant ! Aş vrea să ştiu şi eu mai în detaliu cum a ajuns la aceste două ipoteze.

— Postulate ! Te rog să le spui, de acum încolo, postulate. Nişte ipoteze care apar într-o teorie, dar nu pot fi explicate, singurul lor suport fiind faptul că fără ele nu merge

treaba, iar cu ele merge treaba, se numesc postulate.

Să rezumăm deci cele două postulate :

Postulatul 1 — cuantificarea orbitelor : electronii se află în atom numai pe anumite orbite, pe care se pot mişca un timp oarecare.

Postulatul 2 — conservarea energiei : ei pot trece de pe o orbită pe alta numai cu condiţia de a primi din afară energia necesară pentru a părăsi orbita de energie inferioară şi a ajunge pe cea de energie superioară, sau să cedeze exteriorului energie exact de valoarea necesară pentru a trece de pe o orbită de energie superioară pe una de energie inferioară.

— Profesore, dar cum poate un atom să primească energie din exterior sau să cedeze energie către exterior? La urma urmei, ce-i aceea energie ?

— Uşor, uşor ! Prea multe întrebări deodată. Îţi rămîn dator cu răspunsurile la aceste două întrebări. Acum voi face altceva. Îţi voi spune păţania unui alt tînăr fizician, foarte capabil şi el, dar francez de data aceasta. Louis de Broglie (citiţi Debroi) terminase primul ciclu de studii universitare şi îşi pregătea teza de doctorat. În teză, el susţinea o idee foarte trăsnită pentru vremea aceea : că un electron, de exemplu, în mişcare, face nişte valuri în jurul lui, cam aşa cum face o barcă cu motor în jurul ei cînd se deplasează pe suprafaţa unei ape liniştite. Mai departe, el susţinea că lungimea de undă a acestor valuri, adică distanţa dintre două creste, este exact dată de formula :

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

unde λ (îi zicem lambda) este lungimea de undă, h este o constantă în fizică foarte importantă numită constanta lui Planck, m este masa electronului, iar v este viteza lui. Dacă ne uităm atent la formulă, vedem că pe măsură ce creşte viteza electronului scade lungimea de undă. Profesorii au fost foarte contrariaţi şi mai, mai să nu-i acorde băiatului titlul de doctor în fizică, dar, pînă la urmă, argumentele tînărului, susţinute de experimente recente făcute pe fascicule de electroni şi care se comportau întocmai ca nişte unde electromagnetice cu lungimea de undă prezisă de de Broglie, i-a convins. Astăzi, noi fizicienii, vorbim foarte natural de lungimea de undă asociată a particulelor precum protonul, neutronul, electronul şi altele. Nu ştiu dacă ai înţeles, dar te rog să accepţi ideea asta şi anume că o particulă în mişcare are şi o lungime de undă asociată, ca şi cum ar face valuri în jurul ei deplasîndu-se prin eter.

— Ce este eterul ?

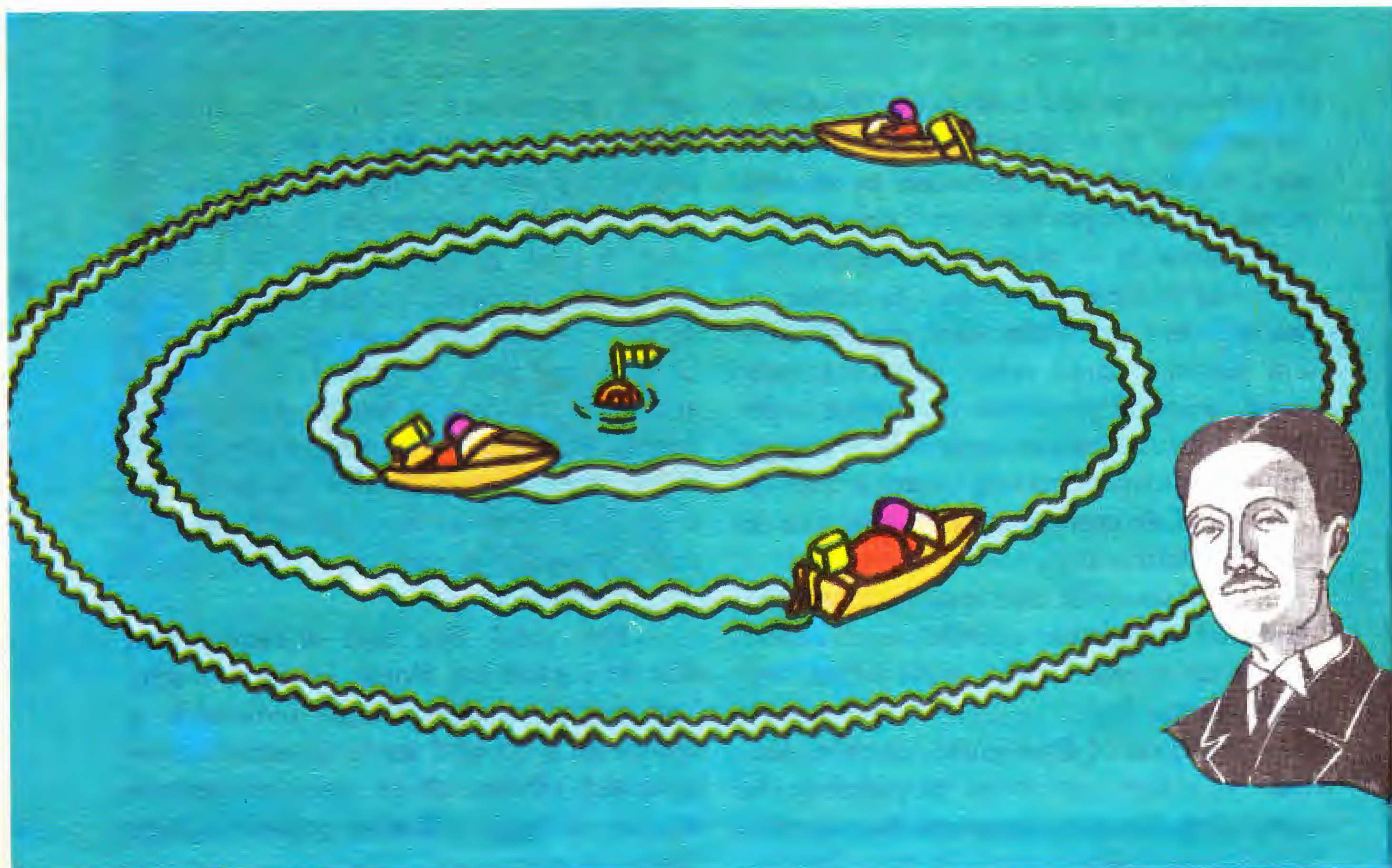
— Este vidul. Este ceea ce rămîne cînd dăm de o parte toţi atomii din jurul nostru. Este spaţiul în care se agită moleculele şi ne mişcam şi noi cînd am făcut acea călătorie fantastică. Poate că şi noi, mişcîndu-ne încoace şi încolo, făceam valuri în jurul nostru în eter.

Louis de Broglie a primit Premiul Nobel pe anul 1929 şi a rămas în istoria fizicii pentru această idee trăsnită.

Şi acum să revenim la ideea cu primul postulat al lui Bohr şi să încercăm să facem legătura cu dansatorii noştri. Am spus că Bohr a cuantificat orbitele, constatînd că numai atunci se potriveau calculele sale cu experienţa, cînd raza de înmulţit cu masa şi de înmulţit cu viteza electronului pe orbita circulară dădea un multiplu întreg dintr-o anumită cantitate constantă. Această cantitate constantă era chiar constanta lui Planck, împărţită la de două ori π. Acest lucru se scrie :

$$R\,m\,v = \frac{nh}{2\pi}$$

unde n poate lua valorile 1, 2, 3, 4... ; dacă aranjăm puţin altfel această ecuaţie, rezultă :



LOUIS DE BROGLIE

$$2\pi R = n \frac{h}{mv}$$

Dar cum h/mv este chiar lungimea de undă de Broglie, λ, rezultă

$$2\pi R = n\lambda$$

De aici rezultă că electronii noştri, rotindu-se în jurul nucleului atomic, nu pot ocupa decît acele orbite în care lungimea de undă asociată intră de un număr întreg de ori în circumferinţa descrisă la o rotaţie. Ca şi dansatorii noştri din seara trecută, care trebuiau să execute un număr fix de piruete într-o rotaţie completă. Iată, deci, ce înseamnă cuantificarea orbitelor electronice într-un atom.

— Cred că am înţeles acum bine tîlcul pe care l-a avut concursul de dans pe care l-ai organizat aseară. Cred că toţi am avut ceva de cîştigat : tu, profesore, ai avut o seară plăcută, dansatorii victorioşi au cîştigat cîte o sticlă de vin de pereche, iar eu am învăţat cum se cuantifică orbitele electronice în atom.

DISCUȚIE DESPRE ENERGIE

Jucam tenis cu profesorul, cu tata și cu sora mea, pe unul din terenurile de lîngă B.T.T. Era o dimineață calmă și frumoasă de început de septembrie. Copacii începuseră să-și schimbe culorile, aerul era cald și transparent, nu se mișca nici o frunză. Mingea se mișca zglobie de colo pînă colo peste plasă, mai anemică atunci cînd era lovită de sora mea, mai energică atunci cînd era lovită de mine și foarte iute cînd era lovită cu energie de tata sau de profesor. Joc neatent, pentru că gîndurile îmi zboară aiurea în această dimineață și primesc dese observații de la tata care e pus pe fapte mari. Mai facem cîteva schimburi de mingi și tata sugerează ca eu și sora mea să ieșim de pe teren, pentru ca el și profesorul să facă o partidă de simplu. Am asistat cu plăcere la schimbul energic de mingi ce a urmat, tata fiind un expert în acest joc, iar profesorul străduindu-se să fie la înălțime. Lovită cu energie, mingea căpăta o viteză atît de mare, că abia o mai vedeam. Mă surprind folosind mereu în minte cuvintele energie, energie și caut să-mi definesc mai clar această noțiune. Nu reușesc. Tot profesorul mă va scoate din încurcătură. Deocamdată el pierde partida, pentru că tata este dezlănțuit. S-a încheiat și cel de-al doilea set în favoarea tatii, profesorul se declară epuizat și cedează racheta sorei mele, care este mai nerăbdătoare decît mine să intre în luptă.

— Profesore, de azi de dimineață mă tot gîndesc la noțiunea de energie.

— Sper că nu faci nici o aluzie la starea în care mă aflu, căci acum mă simt complet epuizat, cu energia la zero. Mi-am consumat-o toată în partida cu tatăl tău.

— Deci energia este ceva care se consumă ! ?

— Este un fel de a spune. De fapt ea se consumă transformîndu-se în altă formă de energie. Cînd ardem becul consumăm energie, cînd punem reșoul în priză consumăm energie electrică, cînd fierbem supa consumăm energie calorică, cînd merge moara de vînt ea consumă energie eoliană. Centralele hidroelectrice consumă energia apei și produc energia electrică pe care o consumăm noi ; centralele nucleare consumă energia produsă de fisiunea nucleelor și produc energie electrică și termică, ce se consumă în industrie sau la încălzirea caselor noastre, iar eu acum consum ultimul pic de energie biologică din mine vorbindu-ți ție despre energie.

— Iartă-mă, profesore ! Acum te las să te odihnești, dar mai tîrziu nu scapi de mine.

. . . .

Ne-am așezat cu toții la masă sub o umbrelă pe terasa marelui hotel. Tata era satisfăcut, nu știu exact dacă de victoriile repurtate contra profesorului sau sorei mele, sau pentru că a avut ocazia să mai facă ceva mișcare.

— Ei, lasă frate, că o dăm la racordat chiar mîine. Pînă va fi gata, vei juca cu racheta mea, spune el sorei mele care era foarte bosumflată că în timpul jocului o lovitură puternică a tatei rupsese racordajul rachetei, care acum avea la mijloc o gaură de toată frumusețea.

— A fost o lovitură puternică ! interveni profesorul. Cred că mingea a avut o energie foarte mare, dacă a fost în stare să facă o asemenea ruptură !

— Deci, ce este energia, profesore ? profit eu de moment ca să-mi plasez întrebarea.

— M-ai prins la înghesuială, zise el, punînd racheta cea bună a tatei pe masă. A luat apoi o minge şi a aşezat-o frumuşel pe racordajul acesteia spunînd :

— Iată, mingea noastră a atins racordajul acestei rachete, dar nu face nici un rău. Aceeaşi minge în timpul jocului, atingînd racordajul, a făcut o gaură de toată frumuseţea. Ştii care este diferenţa ? Energia. Această minge, aici, nu are energie sau are foarte puţină, în timp ce în joc, cînd a atins racheta, avea foarte multă energie.

— Atunci era în mişcare, acum stă pe loc. Atunci avea energie şi acum nu mai are !

— Cam aşa ceva.

— Deci, ce este energia ? revin eu.

— Este însuşirea unui corp, sau a mai multor corpuri, de a efectua o lucrare mecanică. De exemplu, de a rupe racordajul unei rachete de tenis, sau a pune în mişcare un vagonet sau o maşină.

— Deci lucrare mecanică înseamnă ori de cîte ori acţionez cu o forţă asupra unui corp şi-l deplasez din loc, exclam eu mîndru de descoperirea mea !

— Exact, aşa este. Şi spre informarea ta, lucrul mecanic se măsoară în jouli. Un joul este cînd am acţionat asupra unui corp cu o forţă de un Newton şi l-am deplasat cu un metru.

— Şi cîtă energie am consumat ca să fac lucru mecanic de un joul ?

— Evident am consumat un joul de energie.

— Deci energia se măsoară tot în jouli ?

— Sigur.

— Mă întorc la mingea de tenis, profesore. Ea acum stă cuminte şi nu are energie. Cînd era în viteză avea energie ; dar dacă avea o viteză şi mai mare ?

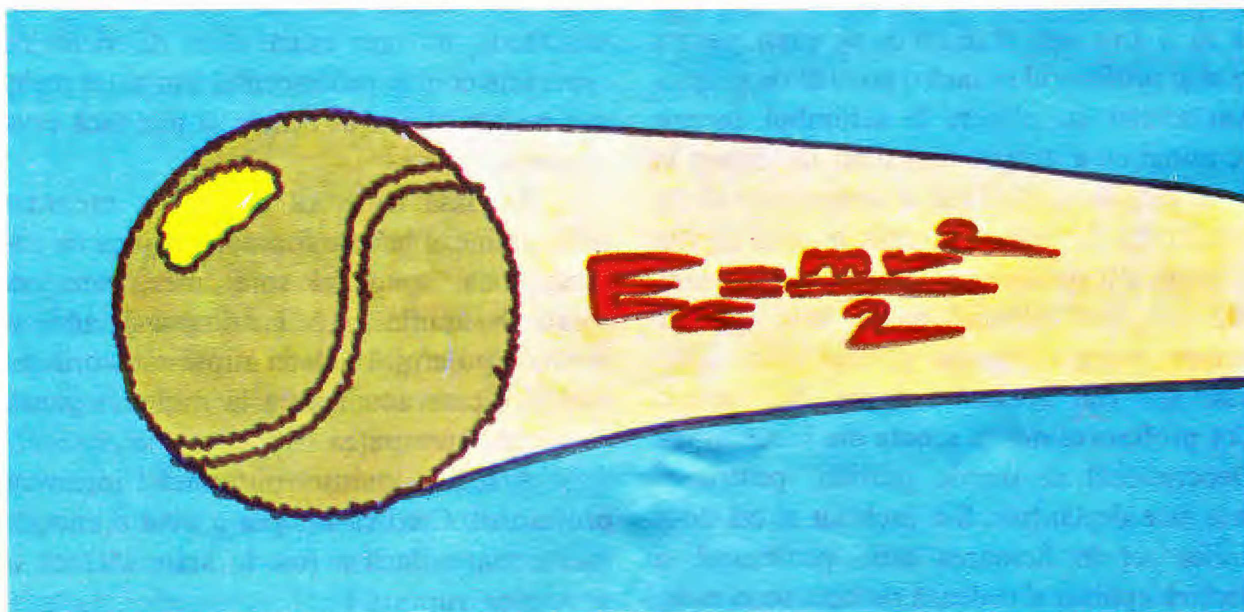
— Avea şi mai multă energie.

— Deci, energia depinde de viteză ! trag eu concluzia.

— Energia aceasta, care depinde de viteză, este energia cinetică. Ea se exprimă ca produsul dintre masa obiectului în mişcare, viteza obiectului la pătrat şi totul împărţit la doi :

$$E_c = \frac{mv^2}{2}$$

Chelnerul ne-a adus patru pahare cu pepsi-cola.



— Avînt şi energie! glumeşte tata pe tema discuţiei noastre.

Dar eu nu mă las abătut de această diversiune şi continui tirul meu de întrebări asupra profesorului :

— Mai există şi altfel de energie ?

— Da. Energia potenţială.

— Şi asta cum mai este ?

— Te costă cinci lei.

— Cum adică ?

— Dacă vrei să-ţi răspund la această întrebare, te costă cinci lei.

Am rămas mirat. Nu-l ştiam pe profesor atît de meschin încît să ceară bani pentru o explicaţie.

— Ei, te învoieşti ? Dacă da, scoate banii ! spune profesorul cu acel zîmbet maliţios pe pe care-l cunoşteam atît de bine.

Mă uit înciudat la tata care, zîmbind, scoate pe furiş o bancnotă de zece lei din buzunar şi mi-o strecoară pe sub masă.

— Plătit, profesore, dar te rog să-mi dai restul ! şi-i trîntesc bancnota, lovind cu toată palma pe masă.

— O.K. ! exclamă el şi se scormoneşte cu grijă prin buzunare, pînă găseşte o monedă de cinci lei, pe care mi-o aruncă cu un gest de zaraf făcînd-o să sune pe masă. După aceea, se apucă să bea tacticos din paharul cu pepsi, ca şi cum nimic nu s-ar fi întîmplat. După ce a golit paharul se şterge în mod demonstrativ cu dosul palmei la gură, compunîndu-şi mina unui geambaş care tocmai a făcut o afacere bună şi spune :

— Acum sîntem gata să explicăm ce este energia potenţială !

Pune mîna pe mingea de tenis, pe care o aşază frumuşel lîngă paharul gol. Apoi, se ridică în picioare, şi, cu gesturi foarte studiate, descriind ce face, execută următorul experiment :

— Apuc această minge cu mîna, acţionez asupra ei cu o forţă de 0,5 newtoni şi o deplasez în sus pe distanţa de 1,2 metri.

În acest timp a apucat mingea cu mîna, mimînd că e grea ca de plumb, a ridicat-o vertical în sus, pînă a pus-o între spiţele umbrelei celei mari sub care era plasată masa noastră. După ce a reuşit să o facă să stea într-un echilibru foarte precar acolo sus, s-a aşezat la masă şi m-a întrebat :

— Ce lucru mecanic am făcut ?

— Păi, 0,5 newtoni de înmulţit cu 1,2 metri, fac 0,6 jouli.

— Foarte bine, nota 10. Dar unde se află acum energia de 0,6 jouli pe care eu am consumat-o ?

— Nu ştiu !

— Este acolo sus, în minge. Mingea stă, nu se mişcă, deci nu are energie cinetică. dar, dacă o las liberă, ea va porni în jos, va căpăta viteză şi va efectua un lucru mecanic de exact 0,6 jouli.

Şi profesorul calculă din ochi cu atenţie unde va cădea mingea şi chiar în acel loc plasă paharul gol de pepsi. În acest moment am înţeles de ce mi-a cerut cei cinci lei. Apoi, cu un gest brusc, a dat un pumn suportului umbrelei, care a făcut să cadă mingea. Aceasta a atins buza paharului, pe care l-a proiectat drept în braţele tatii, care l-a prins cu îndemînare.

— Am economisit cinci lei, spune profesorul încîntat, dîndu-mi înapoi bancnota şi cerîndu-mi cei cinci lei. Dar cred că aţi înţeles : deplasînd în sus mingea, am consumat energie. Mingea stătea acolo sus, dar, deşi nu era în mişcare, ţinea acumulată în ea energia cheltuită. Această energie se numeşte energie potenţială.

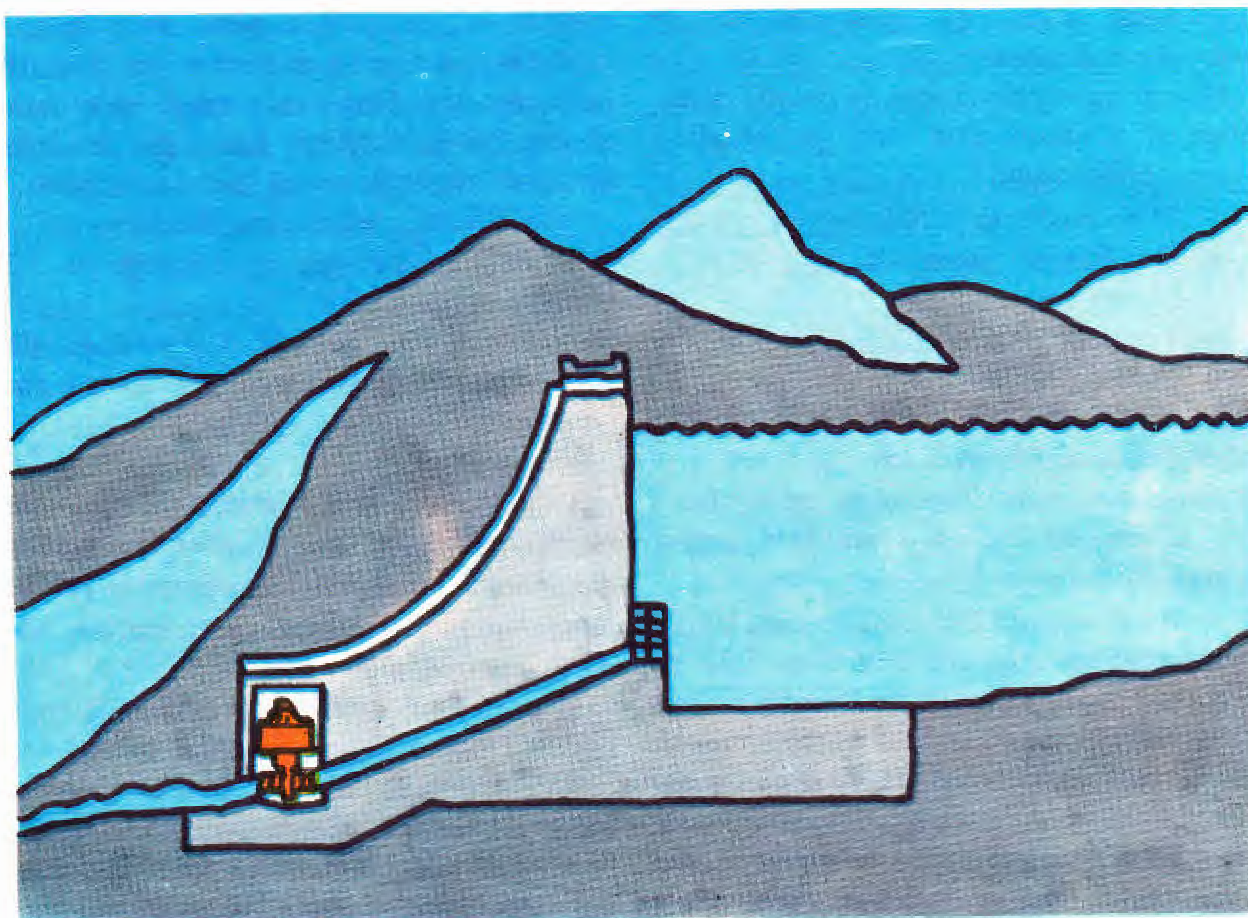
— Are şi ea o formulă ?

— În cazul nostru, da : greutatea corpului de înmulţit cu deplasarea pe înălţime. Dar cum greutatea corpului este masa lui de înmulţit cu acceleraţia gravităţii, energia potenţială va fi :

$$E_p = mgh$$

h fiind înălţimea la care a fost ridicat obiectul.

— Deci, am învăţat patru lucruri astăzi,



fac eu rezumatul foarte satisfăcut : am învățat ce este lucrul mecanic, ce este energia ca însușire a corpurilor de a efectua lucru mecanic, că energia cinetică este această însușire pe care o dețin corpurile în mișcare, iar energia potențială..., cum o definim, profesore ?

— ... iar energia potențială este însușirea unor corpuri ca, datorită poziției lor, să dețină în ele posibilitatea de a efectua lucru mecanic.

— Cred că acest lucru nu l-am înțeles foarte bine, intervine tata care și el ascultase totul cu aceeași curiozitate ca și noi copiii.

— Știți ce este o hidrocentrală ?

— Da, spune tata, un lac de acumulare undeva sus la munte din care, atunci cînd vreau, dau drumul la apă să curgă în jos pe niște tuburi, și, cînd a căpătat viteză, o pun să miște o turbină care produce energie electrică.

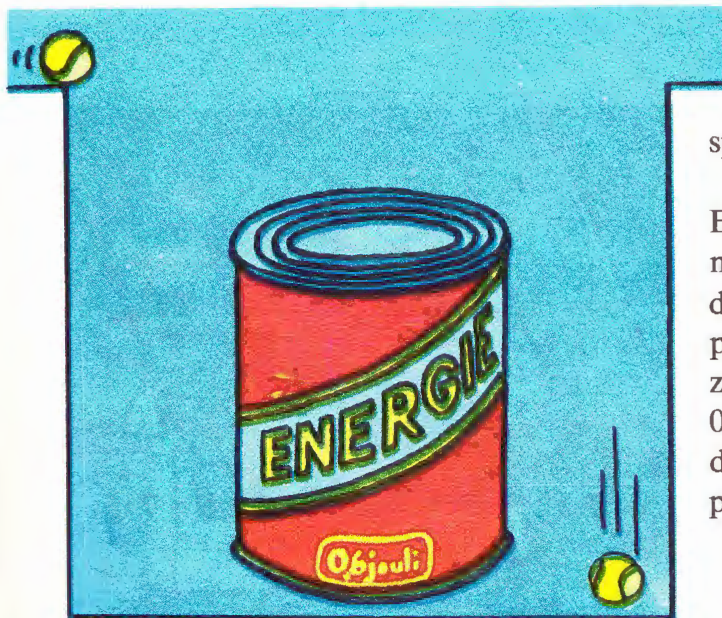
— Perfect ! Să reluăm cu încetinitorul. Deci, apa se află adunată la un loc undeva sus la munte. Cum a ajuns ea acolo, e altă poveste. Ea fiind acolo sus, voi putea oricînd să-i dau drumul în jos, să intre în mișcare, să capete energie cinetică, iar cînd ajunge la turbine să facă un lucru mecanic învîrtind rotorul acesteia pentru a produce energie electrică.

Stînd sus, acest corp care este apa din lacul de acumulare are în el posibilitatea de a efectua lucru mecanic. Această posibilitate, acest potențial, cum se mai zice, de a efectua lucru mecanic și a produce energie este energia potențială.

— Am înțeles : poziția ridicată față de pămînt a unui corp îi conferă proprietatea de a efectua lucru mecanic, dacă este lăsat liber să cadă.

— Exact. Această proprietate, măsurată în jouli de lucru mecanic ce-i poate efectua, se numește energie potențială.

— Acum am înțeles.



— Mi-ai spus că ai învățat astăzi patru noțiuni : lucrul mecanic, energia, energia cinetică și energia potențială. Ei bine, nu vreau să ne despărțim pînă nu învățați și a cincea noțiune : aceea de conservare a energiei.

— Sîntem numai ochi și urechi ! spune tata.

— Refacem experimentul cu mingea de tenis, dar fără a mai pune paharul de pepsi în pericol. Iată : mingea stă pe masă, cuminte, liniștită. Să zicem că ea are energia zero, că nu are nici energie cinetică, nici potențială.

— Cum adică să zicem ? Nu e așa ?

— Totul e relativ. Vedeți, dacă mingea este adusă la marginea mesei, ea va cădea, va căpăta energie cinetică și va efectua pe pămînt un lucru mecanic ; deci, cînd stă pe masă, mingea are o energie potențială față de podeaua terasei. Dar cum terasa este cu doi metri mai ridicată decît solul, atunci cînd se află jos pe terasă, mingea are o anumită energie potențială față de sol. Dacă mingea se află pe sol și alături de ea este o groapă, ea are o anumită energie potențială față de fundul gropii. Într-un cuvînt, ori de cîte ori un corp are posibilitatea să cadă undeva, el are o energie potențială egală cu greutatea lui de înmulțit cu adîncimea acelui undeva.

— Acest lucru este foarte interesant ! spune tata.

— Revenim la experimentul cu mingea. Ea stă liniștită pe masă, și, să zicem, de aici nu are posibilitatea să mai cadă nicăieri, deci are energie potențială zero, și, evident pentru că nu se mișcă, energia cinetică e zero. O apuc cu mîna, îi aplic o forță de 0,5 newtoni și o deplasez în sus pe distanța de 1,2 metri și mă opresc. Știți ce energie potențială are acum ?

— 0,6 jouli.

— Da, 0,6 jouli.

— Dar energia cinetică ?

— Zero, pentru că stă pe loc.

— Deci, energia totală formată din energia cinetică plus energia potențială este : 0 plus 0,6 este egal cu 0,6 jouli. Dau drumul mingei să cadă. Ea va pierde din înălțime, deci din energia sa potențială și va crește în viteză, deci în energia cinetică. Care va fi situația cînd mingea va atinge masa ? Energia sa potențială va fi din nou zero, iar energia cinetică va fi exact 0,6 jouli, atît cît era energia potențială la capătul de sus. Deci energia potențială s-a transformat toată în energie cinetică.

Cît era energia totală sus ?

0,6 jouli : adică 0,6 jouli energie potențială plus 0 jouli energie cinetică.

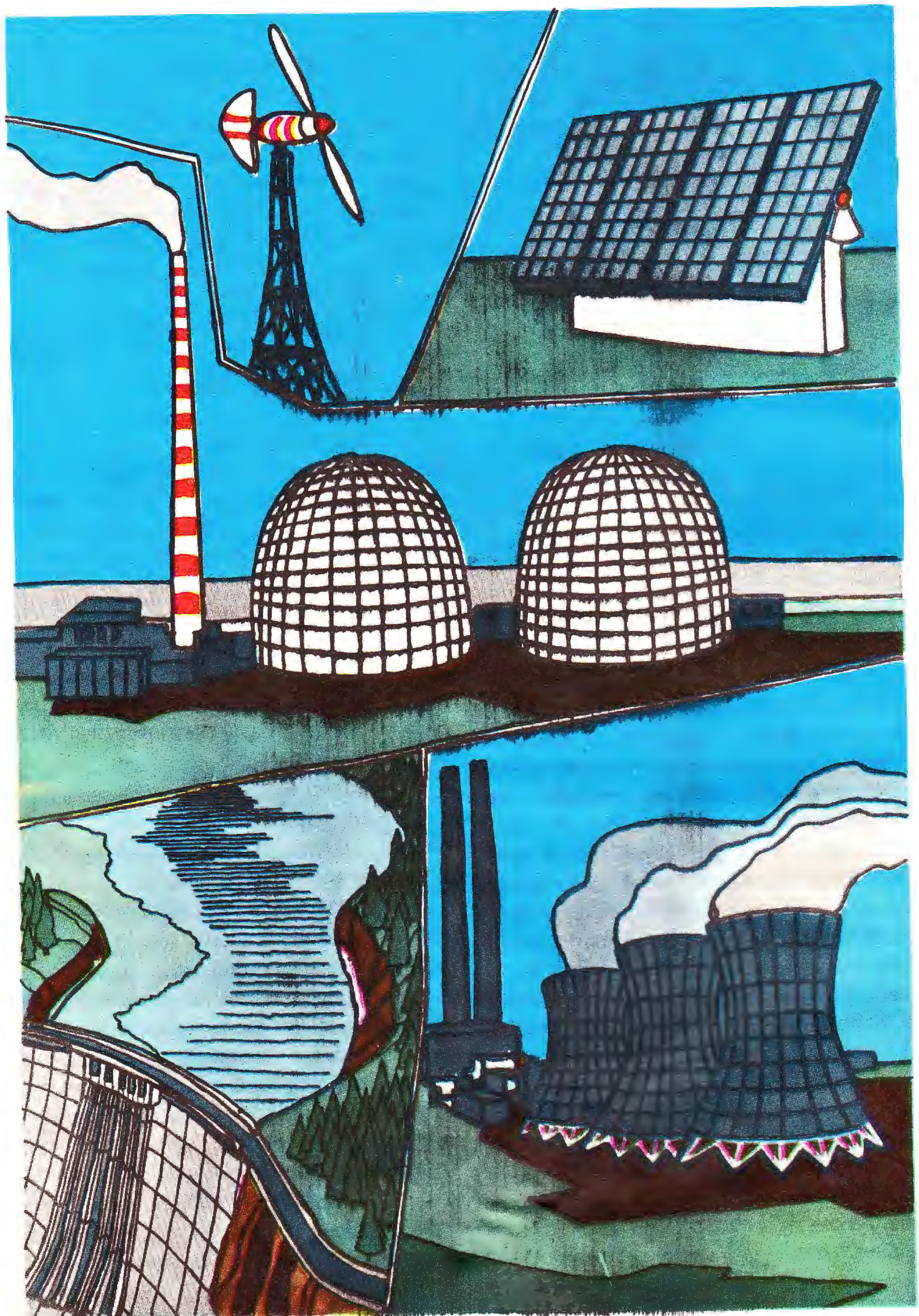
Cît este energia totală jos ?

0,6 jouli : adică 0 jouli energie potențială plus 0,6 jouli energie cinetică.

Ei bine, în orice moment în timpul căderii, suma între energia cinetică și cea potențială s-a păstrat la 0,6 jouli. Acesta este principiul conservării energiei. Atîta timp cît asupra unui corp nu se efectuează lucru mecanic, suma energiilor cinetice și potențiale este constantă. Energia cinetică se poate transforma în energie potențială și invers, dar suma lor rămîne constantă.

Notați bine, toate socotelile de mai sus le-am efectuat după ce am încetat de a mai efectua un lucru mecanic asupra mingei.

— Deci, completă tata, apa din lacul de



acumulare are o anumită energie potențială. Coborînd pînă la turbine, energia potențială pentru fiecare picătură se transformă în energie cinetică, astfel încît energia totală se conservă.

— Da. Suma dintre energia potențială a apei rămase sus în lac și energia cinetică a apei care a curs rămîne constantă.

— Deci, profesore, și în materie de energie, nimic nu se pierde, nimic nu se cîștigă, totul se transformă.

— Acest principiu al conservării energiei este atît de general în fizică încît noi fizicienii am ajuns să nu acceptăm că un anume proces ar putea să aibă loc dacă nu a trecut de testul conservării energiei. Corespunde din punctul de vedere al conservării energiei, procesul este posibil ; nu corespunde, procesul nu este posibil.

— Ce este energia calorică, profesore ?

— Energia calorică este căldura din corpuri, care este suma energiilor cinetice a tuturor moleculelor dintr-un corp. Cu cît un corp este mai fierbinte, înseamnă că moleculele lui posedă energie cinetică mai mare. Ai simțit pe pielea ta energia cinetică a moleculelor, atunci cînd am făcut acea excursie fantastică în paharul gol. Află deci că, dacă aerul era mai cald, moleculele te-ar fi lovit mai puternic !

— Dar energia electrică ce este ?

— Curentul electric este format din electroni în mișcare, suma tuturor energiilor cinetice și potențiale ale tuturor electronilor formează energia curentului electric. Energia calorică pe care curentul electric o transmite atomilor circuitului prin care trece se numește energie disipată. Energia înmagazinată în cîmpul electric și magnetic se numește energie electromagnetică.

— Înțeleg, deci, că energia apare în toate capitolele fizicii : în mecanică, în căldură și fizică moleculară, în electricitate, în optică, în fizica atomică și nucleară.

— Peste tot în fizică avem de-a face cu noțiunea de energie sub toate aspectele ei, și, după cum ți-am mai spus, criteriul energiei constituie unul din criteriile principale, conform căruia apreciem dacă un proces poatea avea loc sau nu.

— Dacă citim în ziare sau în reviste, intervine tata, constatăm că întreaga activitate economică și socială a planetei este strîns legată de resursele de energie.

— Întreaga noastră existență este strîns legată de energie. Existența vieții pe Pămînt este legată de energia trimisă de Soare prin intermediul razelor de lumină ; existența și activitatea tuturor speciilor depinde de energia pe care o asimilează odată cu hrana, toate activitățile noastre sînt legate într-un fel sau altul de sursele de energie pe care le folosim.

. . . .

Pe tot drumul pînă acasă, m-am gîndit la cuvintele profesorului. Cînd am traversat pîrîul pe pod, mă uitam cum apa se prelinge de pe o piatră pe alta, transformîndu-și energia potențială în energie cinetică, efectuînd din cînd în cînd un lucru mecanic prin rostogolirea unui bolovan sau cărînd la vale cîte un buștean. Am văzut vite păscînd, deci asimilînd hrană și rezerve de energie biologică, în timp ce razele Soarelui le încălzeau făcînd să le crească energia calorică. Am urcat un deal, efectuînd un lucru mecanic și acumulînd energie potențială, l-am coborît în fugă reducîndu-mi energia potențială și crescîndu-mi energia cinetică, în timp ce tata și profesorul, rămași mult în urmă, discutau de-ale lor, dar sînt convins că, indiferent ce discutau, subiectul respectiv era legat mai direct sau mai puțin direct de problema energiei.

OSCILAȚII ȘI UNDE ELECTRICE

Astăzi dimineață am fost cu tata și mi-am cumpărat un redresor de 9 volți pentru radiocasetofon. El folosea pînă acum baterii, și, cum aici în vacanță, îl ținem deschis mai toată ziua, trebuia să le schimbăm foarte des. Așa că tata a decis că e bine să păstrăm bateriile numai pentru cînd mergem la iarbă verde, iar cînd îl folosim în casă, să punem redresorul la priză și să alimentăm casetofonul cu el. În magazin, ne-am întîlnit cu profesorul, despre care știam că vine foarte des ca să urmărească noutățile discografice, fiind un mare amator de muzică simfonică.

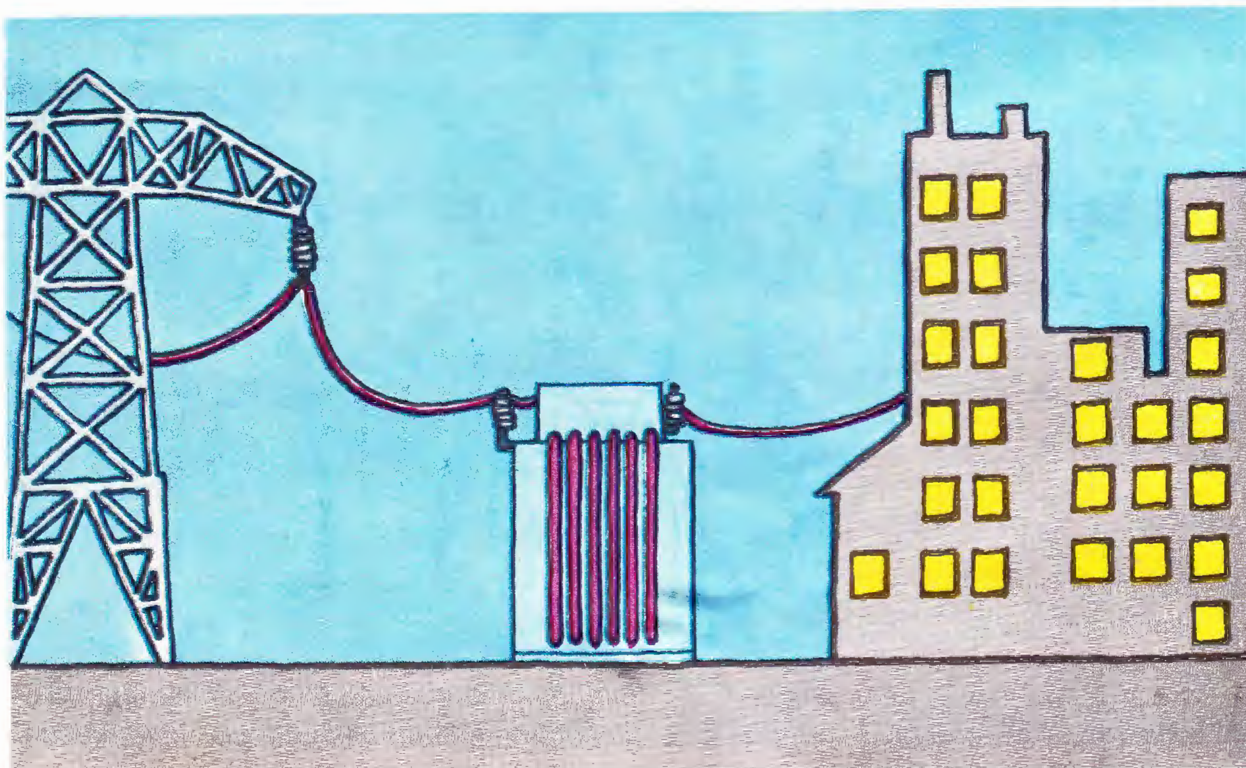
— Profesore, îl întreb eu la ieșirea din magazin, de ce atîtea complicații la aparatele astea electrice : unele merg cu tensiunea de 220 volți alternativ, altele cu 9 volți continuu, altele cu 4,5 volți continuu și așa mai departe. Nu e posibil ca toată lumea să aibă la prizele lor să zicem 9 volți, astfel încît aparatele să fie construite pentru o singură tensiune ?

— Ai atins o problemă foarte complicată. Timp de mulți ani, comisii internaționale au dezbătut care este cel mai economic mod de a transmite energia electrică la distanță de la hidrocentrale la casele oamenilor și s-a stabilit că cel mai potrivit pentru acest scop este curentul alternativ.

— Curent alternativ înseamnă că schimbă mereu semnul ?

— În curentul alternativ, electronii circulă prin conductori cînd într-un sens cînd într-altul, și astfel schimbă sensul de cincizeci de ori pe secundă.

— Deci are frecvența de cincizeci de herți.



— Da ! Este un curent oscilant, cu frecvența de oscilație de 50 herți, după numele fizicianului german care a avut o contribuție însemnată în studiul oscilațiilor electrice.

— Şi de ce trebuie totuşi curent alternativ ?

— Motivele sînt multe şi serioase. Eu îți voi spune unul sau două. În primul rînd, în electrotehnică şi electronică, pentru diverse utilizări ale energiei electrice, avem nevoie de tensiuni diferite. De exemplu, cînd vreau să transport curent electric la distanță mare, pierderile cele mai mici, prin disipare de căldură în firele conductoare, le avem atunci cînd tensiunea este foarte mare. De aceea pe distanțe mari vei vedea linii de înaltă tensiune.

— Cu stîlpii aceia mari de înaltă tensiune.

— Exact.

— Şi la ce tensiune sînt firele ?

— Tensiunea maximă față de Pămînt la care ajung firele este de 440 000 de volți. Deoarece ele trebuie să fie bine izolate față de Pămînt, ca să nu se producă descărcări ca fulgerele, stîlpii sînt atît de înalți, iar firele sînt fixate de stîlpi cu acei izolatori imenşi de porțelan.

Mai departe, pentru a pune în mişcare motoare, avem nevoie de tensiuni electrice de ordinul zecilor şi mai ales sutelor de volți.

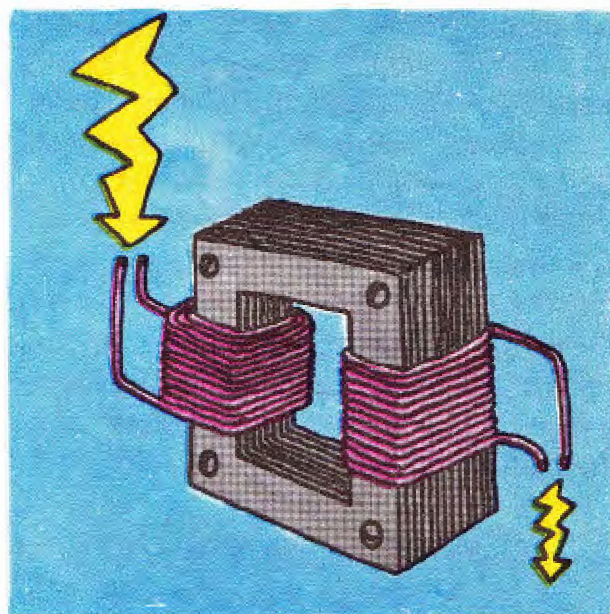
În electronică, pentru alimentarea circuitelor cu tranzistori, este nevoie de tensiuni de cîtiva volți.

— Şi se pot obține aşa uşor diferite tensiuni la curentul alternativ ?

— Da, desigur, cu ajutorul unui dispozitiv miraculos, care se numeşte transformator.

— Am auzit de transformatori ! Am văzut o stație mare de transformare şi la marginea Bucureştiului.

— Aceea transformă tensiunea de „transport“ de sute de mii de volți în tensiunea „casnică“ de 220 volți.



— Spune-mi şi mie, profesore, ce este un transformator, cum e făcut şi cum funcționează !

— Este foarte simplu : nu are mecanisme, rotițe, circuite complicate şi alte bibiluri care l-ar putea strica sau scoate uşor din funcțiune. Este numai nişte sîrmă, foarte multă sîrmă, înfăşurată într-un anumit fel pe un miez de fier şi... gata ! Dar trebuie să ştii cum şi cîtă sîrmă să înfăşori ca să obții tensiunea dorită.

— Hai, spune-mi şi mie, cum şi cîtă sîrmă trebuie.

— Întîi să-ți descriu un transformator ca cele de la televizor. Închipuie-ți că ai multe bucăți de tablă de formă dreptunghiulară, goale la mijloc, ca şi cum ar fi litera O, cu laturi de circa 10—15 centimetri. Acestea se numesc tole de transformatori. Să zicem că ai un teanc de circa 100 de asemenea tole, groase de 0,5 milimetri fiecare. Le punem teanc una peste alta şi le strîngem bine cu nişte şuruburi.

În jurul unui braț al literei O astfel obținută, înfăşor sîrmă de cupru bine izolată cu email, care se găseşte în comerț chiar sub numele de „sîrmă de transformator“, să zicem 5 000 de spire, adică de înfăşurări.

Aceasta va fi înfăşurarea primară sau primarul transformatorului. Pe latura opusă

înfăşor, dintr-un alt fir, 500 de spire. Această înfăşurare o numesc înfăşurare secundară sau secundarul transformatorului. Acesta este un transformator. Să vedem acum ce am făcut !

— Cum aflăm ce am făcut ?

— Introducem în priză la tensiunea de 220 de volţi cele două extremităţi ale primarului, pe care le numim borne. Luăm un voltmetru şi măsurăm tensiunea alternativă pe care o avem între cele două borne de la extremităţile secundarului.

— Ce tensiune avem ?

— Păi, să vedem : cîte spire am pus în primar ?

— Cincii mii.

— Cîte spire am pus în secundar ?

— Cinci sute.

— De cîte ori mai puţine spire sînt în secundar faţă de primar ?

— De zece ori !

— Ei bine, la bornele secundarului va fi o tensiune de zece ori mai mică decît la bornele primarului.

— Adică 22 de volţi, pentru că la primar am 220 de volţi. Extraordinar !

— Nu e deloc extraordinar, ci este foarte ordinar.

— Am vrut să spun extraordinar de interesant ! Dar spune-mi, te rog, profesore, dacă vreau ca la bornele secundarului să am 440 de volţi, adică de două ori mai mult decît în primar, înseamnă că trebuie să înfăşor în acesta 10 000 de spire, adică de două ori mai multe ?

— Da, desigur ! Văd că ai înţeles. În primul caz, cînd în secundar am o tensiune mai mică decît în primar, spunem că avem un „transformator coborîtor de tensiune“, iar în cel de al doilea caz avem un „transformator ridicător de tensiune“.

— Şi pot obţine în felul acesta orice tensiune vreau eu ?

— Da, orice tensiune vrei tu, punînd în secundar în mod proporţional numărul de spire necesar. Pentru aceasta îţi voi da o formulă simplă, după care să calculezi tu singur numărul de spire în secundar, în funcţie de tensiunea pe care trebuie să o obţii. Notăm în felul următor :

N_p — numărul de spire din primar ;

N_s — numărul de spire din secundar ;

V_p — tensiunea la bornele primarului ;

V_s — tensiunea la bornele secundarului.

În acest caz, formula de proporţionalitate va fi :

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

— Foarte simplu, profesore, îţi mulţumesc.

— Foarte simplu şi foarte util. Îţi recomand ca la şcoală, în cadrul cercului de electrotehnică sau electronică, să începi prin a calcula şi construi un transformator. Calculul complet al unui transformator este foarte interesant. El ţine cont de puterea, adică energia consumată în fiecare secundă de utilizatorul pe care tu îl cuplezi la secundar, de mărimea şi forma tolei pe care tu o ai la dispoziţie şi de încă alţi factori. Consider că este foarte instructiv să faci calculul unui transformator.

— Să ştii, i-am spus tatei, cînd m-am despărţit de profesor, că m-am hotărît să învăţ foarte bine fizica, la toamnă cînd vom începe şcoala. Îmi voi face un mic atelier acasă, îmi voi cumpăra un letcon şi un voltmetru, voi construi transformatoare şi redresoare, voi repara toate aparatele din casă, voi...

— Ai grijă, să nu uiţi pînă la toamnă, mă întrerupse tata rîzînd şi cotind la stînga pe ulicioara ce ducea la vila noastră.

Urcînd încet poteca ce ducea pe scurtătură către vilă, mă gîndeam la transformatorul descris de profesor şi mă minunam cum totuşi, deşi primarul era complet izolat elec-

tric de secundar, trecînd un curent electric prin primar, apărea în secundar un curent electric. Ce fire nevăzute legau pe unul de celălalt ? Prin ce hocus-pocus putea să apară în altă înfăşurare un curent sau o tensiune electrică ? Acest lucru trebuia să-l mai întreb cu prima ocazie.

— Tu îl bombardezi întruna pe profesor cu întrebările ! parcă mi-a citit gîndurile tata. Vezi să nu-l plictiseşti pe om cu atîtea chestionări. Ai de gînd ca într-o vacanţă să te pui la punct cu fizica din tot liceul ? Te poftesc ca astăzi după-masă, cînd vine la noi să jucăm table, să-l mai slăbeşti cu „de ce, profesore", „cum se face, profesore, că..." şi aşa mai departe.

M-am bucurat că ne vom vedea din nou, dar nu m-a bucurat restricţia pusă de tata. Cum două circuite complet izolate unul de altul puteau să se influenţeze, era o problemă care îmi dădea deja bătaie de cap.

. . . .

Jocul de table era pe sfîrşite. S-a rîs mult, s-a povestit mult, tata a fost într-o vervă deosebită. Ceştile de cafea şi paharele cu băuturi răcoritoare au circulat încoace şi încolo, iar acum mama dădea zor să le adune de pe masa de sub nucul din curte unde fusese organizat un soi de campionat, la care mai participaseră încă trei vecini. Nu ştiu dacă locul doi ocupat în final de tata şi patru ocupat de profesor au vreo semnificaţie, dar buna dispoziţie generală pe care o creează jocul de table, pentru că îţi permite să vorbeşti şi să glumeşti în timp ce joci şi nu să te concentrezi în linişte ca la şah, mi-a lăsat o amintire plăcută, ca un cîştig net pentru o după-masă de vacanţă.

Cutia de table s-a închis, masa a fost curăţată de resturile agapei improvizate şi am rămas din nou tata cu profesorul şi cu mine, să gustăm din farmecul nedescriptibil al înserării.

Aici, la Cîmpulung, nu sînt apusuri de soare spectaculoase şi întîrziate, ci mai degrabă înserări timpurii care încep foarte devreme, cînd Soarele se ascunde după creasta unui deal şi durează pînă tîrziu în noapte printr-o gradare lentă a luminii de la strălucire la lumină difuză, la verdele umbrit cu pîclă molcomă, albă-cenuşie, cu umbrele care se strecoară încet, încet peste apa Moldovei, urcînd dinspre Hurghiş.

Stăteam în linişte toţi trei fără a privi undeva anume, dar simţeam că ne cuprinde pacea înserării, de pe acum cînd era încă lumină.

— Profesore, sparge tata tăcerea, i-am spus feciorului ăsta al meu să nu te mai sîcîie atîta cu întrebările.

— Îmi face plăcere să fiu bombardat cu întrebări, atîta timp cît pot răspunde la ele, spune profesorul. Fizica este viaţa mea, aşa că mă simt oarecum mai la mine acasă cînd discut fizică decît cînd joc table, de exemplu.

— Am şi acum o întrebare de 100 de puncte ! mă arunc eu în discuţie, dornic să scap de obsesia ce m-a cuprins încă de azi dimineaţă. Profesore, cum se face că, trecînd un curent prin înfăşurarea primară într-un transformator, apare o tensiune şi deci şi un curent în înfăşurarea secundară, deşi ele sînt complet izolate electric ?

— Este într-adevăr o întrebare bună. M-aş fi mirat dacă nu mi-ai fi pus-o. Sînt complet izolate electric, dar nu şi magnetic. Poate îţi aminteşti ce ţi-am spus odată, că un curent electric creează în jurul conductorului prin care trece un cîmp magnetic. Un curent alternativ, care trece prin bobina din primar, va crea în interiorul bobinei un cîmp magnetic alternativ, deci variabil ca valoare şi ca semn. Acest cîmp magnetic este amplificat puternic de tabla de fier a tolelor şi este transmis astfel amplificat la bobina secundarului. Aici, pe toată suprafaţa interioară a bobinei, creează un flux magnetic variabil, care induce în secundar un curent de inducţie. Chiar dacă nu ai

înțeles bine, ține minte de la mine acest fenomen foarte important : un flux magnetic variabil creează într-un circuit o tensiune electromotoare, capabilă de a produce curent electric. Aceasta este legea inducției electromagnetice. Pe ea se bazează funcționarea transformatorului, pe ea se bazează funcționarea motoarelor, a generatoarelor de curent, pe ea se bazează sistemul de recepționare a undelor de radio și televiziune. Reține : inducția electromagnetică.

— Nu am înțeles foarte bine, dar am reținut : inducția electromagnetică face ca un curent variabil într-o bobină să producă în altă bobină vecină un alt curent variabil, deși cele două bobine sînt izolate electric una de alta. Corect ?

— Suficient de corect, ca să putem afirma că ai reținut bine ideea.

— Spuneai adineauri, profesore, că și recepția undelor radio și de televiziune se face tot prin fenomenul de inducție electromagnetică ?

— Da, așa spuneam.

— Să înțeleg prin asta că antena postului de emisie se comportă ca primarul unui transformator, că în loc să se deplaseze prin tolele de fier, undele electromagnetice se propagă prin eter la mari distanțe și că, atunci cînd ajung la antena de recepție, produc ca într-un circuit secundar curent de inducție ?

— Deși un specialist ar rîde de o asemenea analogie, trebuie să admit că, în linii mari, ai dreptate. Undele electromagnetice sînt produse de niște curenți alternativi de foarte înaltă frecvență, și anume, sute de mii, milioane și zeci de milioane de herți.

— Deci, antenele de emisie produc în jurul lor cîmp magnetic și electric variabil, care se simte, pînă departe, nu-i așa ?

— Da. Acest „se simte pînă departe" este chiar unda electromagnetică, care pleacă de la antena de emisie și poate ajunge pînă hăt departe pe glob.

— Am înțeles, sar eu foarte excitat. Știu ce urmează : dacă eu, aici la Cîmpulung, vin cu o bobină, fluxul magnetic variabil produs aici de antena din București, va produce o tensiune variabilă, care va da naștere la un curent variabil în bobină, care va fi amplificat, băgat în difuzor și astfel aud postul de radio București. Inducția electromagnetică a lucrat. Așa este ?

— Da și nu prea ! exclamă profesorul amuzat de verva mea.

— De ce da și de ce nu prea ?

— Da, pentru că într-adevăr ai descris corect fenomenul de inducție electromagnetică. Nu prea, pentru că, dragul meu radiofonist în devenire, în bobina ta, în același moment vor produce curenți variabili prin inducție și undele trimise de antena din alte orașe mai apropiate sau mai îndepărtate. Așa că tu vei auzi în același timp emisiunile tuturor acestor posturi suprapuse, într-un vacarm total.

— Chiar așa, profesore, la asta nu mă gîndisem. Cum le separăm ?

— Asta e întrebarea : cum le separăm ?

— Învîrtim de butonul de acord și ascultăm pe fiecare dintre ele, spune simplu tata de care și uitasem că era prezent la discuție.

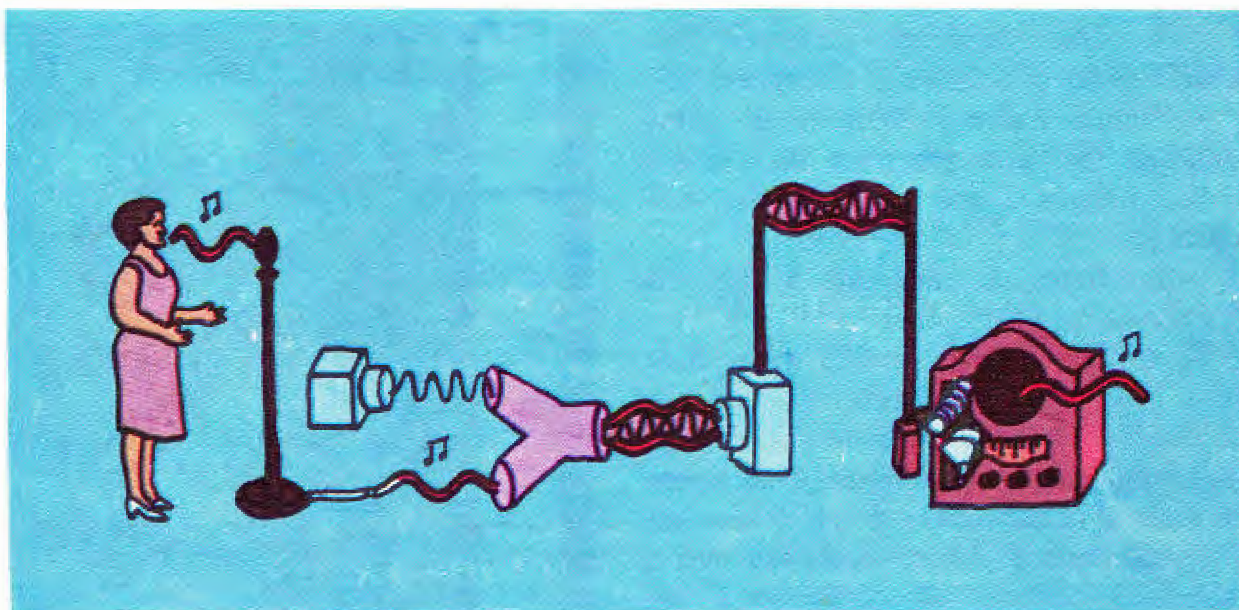
— Așa este. Și asta este deci problema : cum le separ. Va să zică, o singură bobină de recepție nu-mi ajunge. Ea va prinde toate posturile deodată. Dar dacă lîngă bobină și în paralel cu ea pun și un condensator variabil, am rezolvat problema.

— Ce este un condensator, profesore ?

— Două plăci de metal față în față, izolate electric între ele.

— Și un condensator variabil ?

— Cînd mișc cele două plăci una față de alta, astfel încît să nu modific distanța dintre ele, dar să modific suprafețele care se văd una pe alta. Uite așa ! zise profesorul punînd cele două palme întinse drept una în fața celeilalte și deplasînd, rotind una din palme, astfel încît porțiunea acoperită de cele două să se micșoreze.



— Unind cu nişte fire de sîrmă cele două plăci ale condensatorului cu cele două borne ale bobinei, am realizat un circuit oscilant. Acest circuit are următoarea proprietate : din toate semnalele, adică toţi curenţii alternativi care trec prin el, amplifică foarte tare numai pe acel curent care are o anumită frecvenţă, determinată de capacitatea condensatorului variabil în acel moment.

— Ce e aceea capacitate ?

— Este o mărime electrică legată de condensator şi depinde de cîtă sarcină electrică poate acumula pe plăcile sale. Capacitatea unei sticle de bere este volumul de bere pe care îl poate conţine. Capacitatea electrică este cantitatea de sarcină electrică pe care un condensator o poate conţine, atunci cînd se află la o anumită tensiune.

— Deci, profesore, reglînd condensatorul variabil din butonul de acord, fac ca circuitul oscilant de la receptor să se acordeze pe o anumită frecvenţă, cea a postului pe care vreau să-l ascult şi atunci aparatul de radio va amplifica şi va reda numai acel post. Aşa e ? întrebă satisfăcut tata.

— Da. De data asta este corect. Bineînţeles că pentru o recepţie în bune condiţiuni lucrurile se complică foarte mult, dar, în principiu, aceasta este ideea. Fiecare post de emisie îşi are frecvenţa sa pe care este obligat să o păstreze strict. Ea este înscrisă în nişte tabele internaţionale. Şi este o comisie care veghează ca posturile să-şi păstreze riguros frecvenţa, pentru ca să nu existe suprapuneri sau dereglări.

— Foarte interesantă este această radiotelecomunicaţie. Şi toate legăturile cu sateliţii şi navele cosmice se fac prin acest sistem ?

— Evident. Chiar s-au instalat în jurul Pămîntului sateliţi de telecomunicaţii care primesc semnale de pe Pămînt şi le retransmit înapoi pe Pămînt sau în cosmos, după ce au fost amplificate, deci cu energie sporită.

Se lăsase întunericul. Era o seară minunată. Nu era nici o adiere : totul părea nemişcat. Luminile oraşului străluceau undeva mai jos decît noi. Mă uitam la această constelaţie, mă gîndeam că la fiecare luminiţă este o locuinţă în care în acest moment era deschis un aparat de radio sau un televizor, în care circuite acordate pe diferite posturi de emisie aduceau în casă imagini, muzică, ştiri...

L-am condus pe profesor pînă acasă. Pe drum nu m-am putut stăpîni şi am mai pus o întrebare :

— Ce deosebire există, profesore, între undele radio şi undele de televiziune ?

— Numai frecvenţa. Undele de televiziune au frecvenţă mai mare decît undele radio. Lungimea lor de undă este mai mică.

— Lungimea de undă este o altă proprietate a lor care diferă ?

— Aş zice că este aceeaşi proprietate, altfel exprimată. Cînd vorbeşti de un post de radio sau spui că are frecvenţa de 1 megaherţ (un milion de herţi, adică un milion de oscilaţii pe secundă) sau spui că are lungimea de undă de 300 de metri, este acelaşi lucru, căci legătura între frecvenţă şi lungimea de undă este simplă : frecvenţa în herţi înmulţită cu lungimea de undă în metri ne dă viteza de propagare a undelor în metri pe secundă :

$$\nu \cdot \lambda = c$$

Or, cum viteza de propagare a tuturor undelor electromagnetice este aceeaşi şi anume de 300000 km pe secundă, legătura între lungimea de undă şi frecvenţă este mereu aceeaşi.

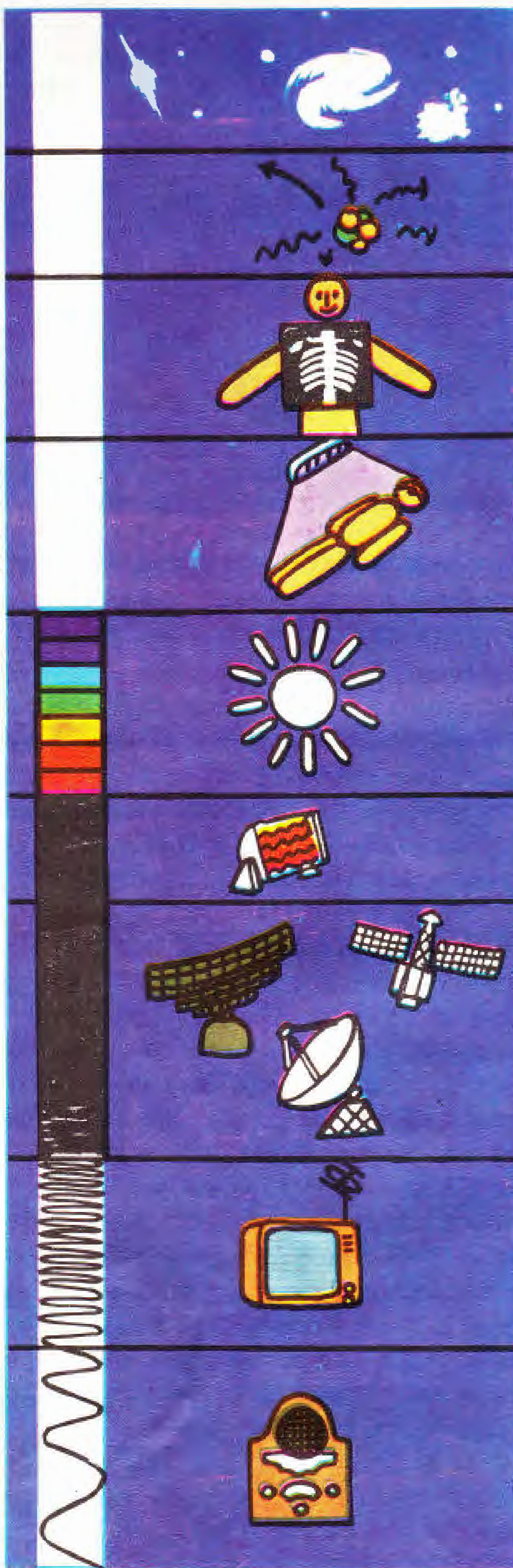
— Mai există şi alte unde electromagnetice ?

— Încă multe !

— Spune-mi şi mie care mai sînt ?

— Păi, să pornim de la undele radio. Există unde lungi de la 800 la 2 000 metri lungime de undă, undele medii cu lungimea de la 200 la 500 metri, undele scurte de la 10 la 50 de metri ; sub 10 metri sînt undele ultrascurte, care se folosesc în comunicaţii locale. Coborînd lungimea de undă ajungem în domeniul undelor de televiziune între circa 0,2 şi 2 metri, după cum este lungimea antenelor de televizor pe care le vezi pe case şi pe blocuri. Micşorînd şi mai mult lungimea de undă, ajungem în domeniul undelor centimetrice şi milimetrice, care au şi ele proprietăţi speciale.

— Mai departe putem coborî lungimea de undă ?



— Da, cu riscul să ne încălzim foarte tare, căci intrăm în domeniul undelor calorice. Acestea au proprietatea de a transmite cu uşurinţă energia lor moleculelor, sub formă de energie cinetică, încălzind astfel corpurile. S-au şi făcut cuptoare cu asemenea unde, care îţi pregătesc o friptură în 10—20 secunde. Dacă cobor şi mai mult lungimea de undă, în domeniul micronilor, adică la a milioana parte dintr-un metru, ajungem în domeniul infraroşului, adică partea cu lungime de undă mai mare decît a spectrului vizibil. Coborînd şi mai mult, ajungem la spectrul luminos, în ordinea roşu, portocaliu, galben, verde, albastru, indigo şi violet.

— ROGVAIV, nu-i aşa ?

— Da, dacă în loc de portocaliu, folosesc echivalentul franţuzesc „orange".

— N-am ştiut că lumina şi undele radio au aceeaşi natură, diferind numai prin frecvenţă !

— Da. Fac parte din familia undelor electromagnetice. Vrei să mai coborîm lungimea de undă ?

— Sigur că da.

— Coborînd în continuare lungimea de undă, simţim miros de ozon, ca în pădurile de brazi.

— De ce ?

— Pentru că am intrat în domeniul radiaţiilor ultraviolete, care favorizează ruperea moleculelor de oxigen din aer şi formarea unor molecule speciale alcătuite din trei atomi de oxigen în loc de doi. Acesta este ozonul, care are acel miros specific.

— Mai coborîm ?

— Mai coborîm lungimea de undă şi ajungem în domeniul razelor Roentgen sau raze X, cum li se mai spune. Ele trec prin corpul omului cu destulă uşurinţă, iar, apoi, căzînd pe un ecran ca cel de televiziune, produc fluorescenţă şi căpătăm imaginea aceea de la radioscopie, în care apar detalii interioare ale corpului, inclusiv scheletul omului. Aceasta, pentru că diferitele componente din corpul omenesc reţin radiaţiile X în mod diferit. Ai văzut, cred, şi în aeroporturi. Un geamantan supus la razele X dezvăluie pe un ecran tot conţinutul în obiecte mai grele.

— Dincolo de razele X mai există ceva ? întreb eu nerăbdător.

— Da. Dacă coborîm şi mai mult frecvenţa, ajungem în domeniul razelor gama, acele radiaţii emise de nucleele atomice. Sîntem deja în domeniul a milioane de miliarda parte dintr-un metru.

— Şi mai jos ?

— Coborînd şi mai mult lungimea de undă, ajungem la aşa-numitele radiaţii gama dure din spectrul de raze cosmice şi aici ne cam oprim cu familia undelor electromagnetice.

— Aici se opresc şi ele ?

— Nu ştiu. Dar de aici în jos, nu mai avem mijloace de a detecta aceste radiaţii. Poate că într-o bună zi vom descoperi şi alte radiaţii de lungime de undă şi mai mică. Cine ştie ?

— Profesore, acest domeniu al fizicii este pur şi simplu fascinant.

— Natura în care trăim este ea însăşi un miracol. Oriunde ne îndreptăm privirea şi cercetăm o părticică a ei, descoperim numai lucruri fascinante. Nu se poate să nu rămîi uimit şi fermecat de minunile care ni se dezvăluie zi de zi.

ATOMII ABSORB ȘI EMIT ENERGIE

Este atît de plăcut să faci plajă la Soare în stațiunile de munte! Ca, de exemplu, aici la Cîmpulung, la ștrandul orașului lîngă marele hotel al B.T.T.-ului, nu departe de locul unde mai deunăzi am jucat tenis cu tata.

Stăteam culcat și mă bucuram de soarele blînd de început de toamnă. Lîngă mine, profesorul gusta din plin din căldura asta molatecă și, deși își adusese o carte și cîteva reviste, stătea și el nemișcat cu ochii închiși.

— Mi se pare straniu cînd mă gîndesc că razele luminoase ale Soarelui și undele de radio au aceeași natură, spun eu predispus spre meditație în această dimineață.

— Da, ambele sînt unde electromagnetice, cu multe proprietăți foarte asemănătoare, dar unele și foarte diferite.

— Cu ce se deosebesc, de exemplu?

— Undele luminoase le vezi, cele radio nu.

— Asta este evident chiar și pentru mine!

— Undele luminoase pot fi oprite de un ecran foarte subțire, cum ar fi o bucată de hîrtie; undele radio trec și prin pereți.

— Da, într-adevăr, dacă am un aparat de radio cu antenă într-o cameră, reușesc să prind totuși unele posturi de radio.

— Nu ai mai prinde însă nimic dacă te-ai afla într-o colivie de metal, chiar dacă ar avea ochiuri destul de mari.

— Chiar așa, profesore, de ce?

— Pentru că aceasta ar constitui o cușcă Faraday, care are proprietatea de a anihila, de a ecrana, spunem noi, în interiorul lor cîmpurile electrice.

— Mai sînt și alte diferențe între lumină și undele radio?

— Lumina se propagă riguros în linie dreaptă. Undele radio o mai iau puțin și după colț. De fapt și lumina o mai ia după colț, dar nu observăm aceasta decît în condiții ceva mai speciale.

— Profesore, știu că undele radio sînt produse de niște circuite oscilante formate din bobine și condensatori, cuplate la o antenă de emisie. Dar cum se produc undele luminoase?

— Undele luminoase sînt produse tot de niște oscilatori electrici, dar mult mai speciali. Aceștia sînt atomii.

— Atomii sînt niște oscilatori electrici?

— Păi, ce te miri? Nu ți-am spus că un atom este format dintr-un nucleu pozitiv, în jurul căruia se rotește pe orbită un electron? Mișcarea asta de rotație încoace și încolo nu este ca o oscilație? Și cum electronul este încărcat cu electricitate negativă, nu este o oscilație electrică? Dacă mai adăugăm ce ți-am spus, că, după de Broglie, electronul în mișcare are și o lungime de undă asociată, după cîte vezi unda electromagnetică este pe-aproape!

— Și, totuși, cum se produce ea?

— Și aici, nu sîntem departe de explicație. Ți-amintești că ți-am povestit acum cîteva zile de Niels Bohr?

— Da. Și de cele două postulate ale sale privind structura atomului.

— Ți le mai aduci aminte?

— Da, desigur: primul postulat spunea că electronii în atom nu pot ocupa decît anumite orbite, de rază bine definită, iar al doilea spunea că trecînd de pe o orbită pe cealaltă trebuie neapărat să emită sau să absoarbă energie spre sau dinspre exterior.

— Exact! Iată deci și explicația ce mi-o

cereai : atomii emit lumină atunci cînd electronii lor trec de pe o orbită cu energie mai mare pe una cu energie mai mică. Surplusul de energie este emis în afară sub forma unei unde de lumină. Precizez : sub forma unei bucăţele de undă de lumină.

— Ce frecvenţă va avea această „bucăţică de undă de lumină“ ?

— După Max Planck şi Albert Einstein, această „bucăţică de undă de lumină“ are frecvenţa dată de relaţia :

$$h \cdot \nu = E$$

în care am notat cu ν frecvenţa de care mă întrebi şi E diferenţa de energie între cele două orbite.

— Dar h ce este ?

— Este constanta lui Planck, de care am mai vorbit. Valoarea ei este :

$$h=0,000000000000000000000000000000000663 \text{ jouli.s}$$

sau, cum mai scriem noi fizicienii,

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ jouli} \cdot \text{s}$$

— Profesore, şi această „bucăţică de undă luminoasă“...

— Hai să nu-i mai zicem aşa complicat : „bucăţică de undă luminoasă“, ci să-i zicem, aşa cum s-a consacrat : foton.

— Ei bine, acest foton se propagă în spaţiu cu viteza de 300 000 km/s ?

— Da.

— Şi toate elementele din tabloul periodic emit asemenea fotoni ?

— Da. Asta este problema foarte interesantă, că fiecare element din tabelul periodic al elementelor emite anumite tipuri de fotoni, adică fiecare tip de atom emite fotoni de anumite frecvenţe, deci de anumite energii.

— Cum aşa ?

— După cum reiese din calculele făcute de Niels Bohr şi apoi de Sommerfeld şi mulţi alţii, în fiecare atom, în funcţie de cîţi electroni are, vor exista anumite orbite care au energiile lor specifice. Electronii, trecînd de pe o orbită pe alta, vor absorbi sau emite fotoni cu energii foarte specifice pentru acel tip de atom. În felul acesta, atomul de hidrogen va emite fotonii caracteristici atomului de hidrogen, atomul de heliu va emite fotonii caracteristici atomului de heliu, iar atomul de uraniu va emite un spectru foarte complicat de fotoni, caracteristic nenumăratelor orbite pe care se pot mişca cei 92 de electroni ai săi.

— Şi cum pot face un atom să emită lumină sub formă de fotoni ?

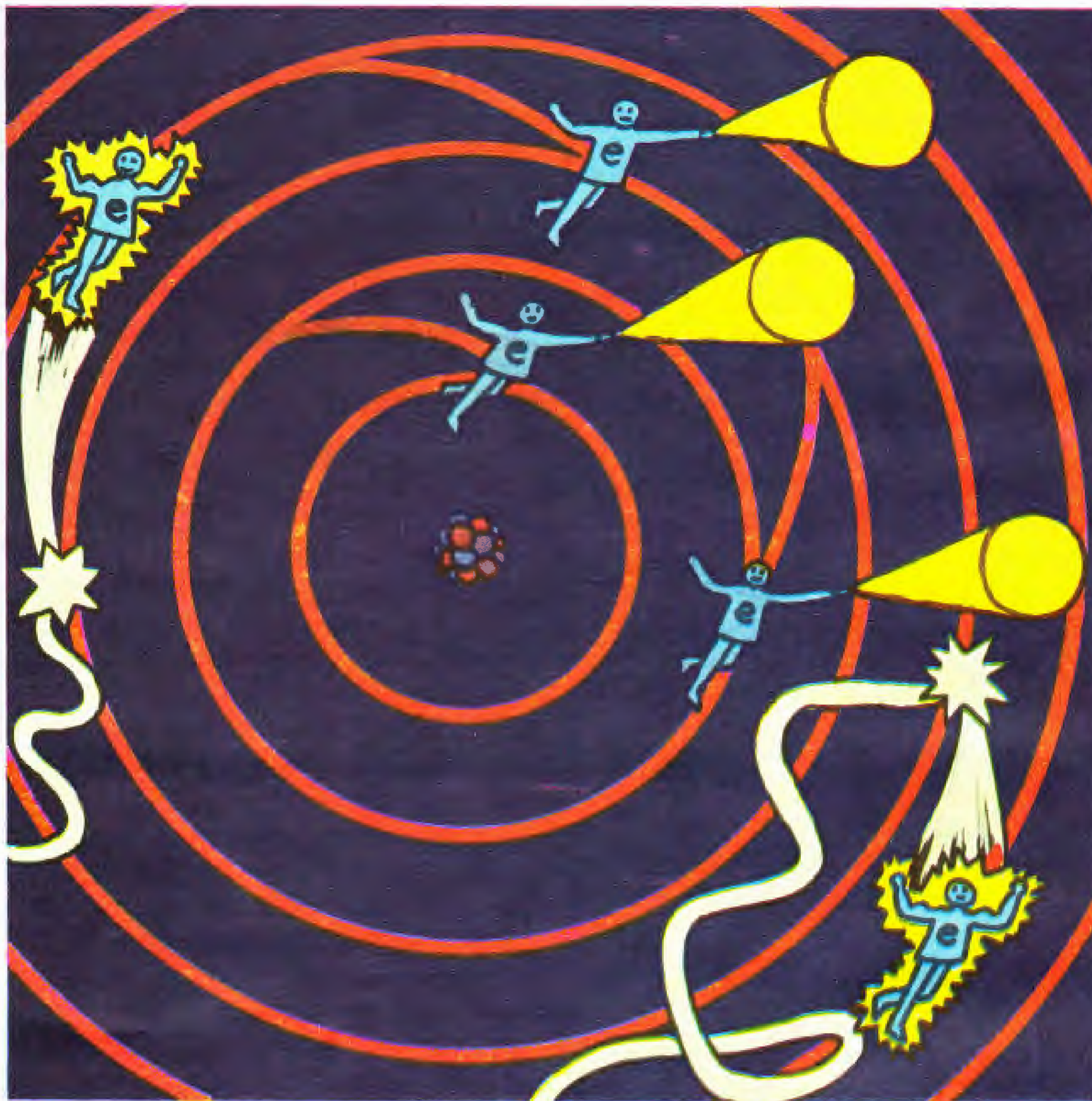
— Foarte simplu, îl excit.

— Ce înseamnă să excit un atom ?

— Bohr şi Sommerfeld au scris formulele după care se pot calcula energiile tuturor orbitelor din atom. Electronii, printr-o lege a naturii, nu ocupă decît acele Z orbite care au energia cea mai joasă şi anume orbitele cele mai apropiate de nucleu. Să presupunem că vin cu energie dinafară, de exemplu se ciocnesc cu un alt electron, care se deplasează în viteză, unul din electronii ce se rotesc pe orbită. Electronul nostru, căpătînd un surplus de energie, va sări pe o orbită mai îndepărtată de nucleu, o orbită cu energie mai ridicată. Spunem că am excitat atomul.

— Deci, un atom excitat este un atom ai cărui electroni ocupă orbite de energie mai mare decît de obicei.

— Cînd un atom are toţi electronii pe orbitele de cea mai joasă energie pe care le pot ocupa, spunem că se află în „starea fundamentală“. Cînd cel puţin unul dintre electroni se află pe o orbită superioară energetic, atomul este în „stare excitată“. Atomului nu-i place să stea în stare excitată prea mult timp, aşa că, după un timp oarecare, electronii lui vor efectua saltul şi vor trece pe orbitele lor fundamentale, emiţînd fiecare fotonul respectiv, de o asemenea frecvenţă încît înmulţită cu constanta



lui Planck să dea exact diferența de energie între orbita de plecare și orbita de sosire : $h\nu = E_2 - E_1$, E_2 fiind energia orbitei în starea excitată și E_1 energia orbitei din starea fundamentală.

— Deci, bombardînd atomii cu electroni, îi pot trece în stare excitată.

— Da. Sau dîndu-le energie pe orice cale posibilă în fizică. De exemplu, încălzesc o bucată de fier pînă la roșu. Ce se întîmplă ? Pe măsură ce încălzesc bucata de fier, atomii din el se vor agita din ce în ce mai tare, pînă cînd se vor ciocni între ei și își vor deranja orbitele electronilor, dîndu-le acestora energia suficientă pentru a trece pe orbite superioare, adică excitîndu-i. Odată excitați, ei încep să emită fotoni luminoși. La început, fiind excitate orbite cu diferențe mici de energie, se vor emite fotoni mai puțin energici, adică cei roșii ; pe măsură ce se încălzește fierul și mai tare, vor apare și fotoni mai energici, iar culoarea fierului încins devine din ce în ce mai strălucitoare.

— Înțeleg că fotonii mai puțin energici sînt roșii, iar pe măsură ce le crește energia, culoarea lor trece prin toate culorile curcu-

beului, de la roşu la oranj, la galben, verde, albastru, indigo şi violet. Fotonii violeţi sînt cei mai energici ?

— Fotonii violeţi sînt cei mai energici fotoni luminoşi, adică din cei care se văd. Mai energici ca ei sînt fotonii ultravioleţi, apoi cei de raze X şi aşa mai departe.

— Expresia „un corp adus la incandescenţă“ înseamnă un corp încălzit atît de tare încît atomii lui ajung în stare excitată şi emit fotoni luminoşi.

— Foarte bine ! Aşa este.

— Cum mai pot excita atomii ?

— Trecînd curent electric prin corpul pe care vreau să-l aduc la incandescenţă. Ciocnirile dintre electronii ce formează curentul şi atomii din fir îl pot aduce pe acesta din urmă în stare de incandescenţă. Un alt mod de a excita atomii este acela de a produce o descărcare electrică între doi electrozi, avînd grijă ca în zona în care se produce fulgerul acela continuu al descărcării să fie şi substanţa ai cărei atomi vreau să-i excit. Într-un cuvînt, pot excita atomii, fie făcîndu-i să se ciocnească între ei (încălzire), fie trecînd curent electric printre ei, deci făcîndu-i să se ciocnească cu electroni, fie bombardîndu-i chiar cu fotoni de lumină.

— Este o întrebare pe care vreau să ţi-o pun, profesore : bine, bine, am reuşit să aduc atomii unui element în stare excitată ; i-am făcut să emită lumina lor proprie ; dar cum fac acum să analizez această lumină, adică să văd ce fel de fotoni, de ce frecvenţă adică, emit ei ?

— Analizăm lumina la un spectrometru !

— Ce e un spectrometru ?

— Dragul meu, tu ai talentul de a pune întrebări care se înşiră una după alta, ca mărgelele pe aţă !

— Profesore, dacă te-am plictisit, te rog să mă ierţi !

— A, nu ! Îmi face plăcere să discut fizică, mai ales cînd am în faţă un tînăr partener, dornic să ştie, ca tine. Poate că timpul consumat în discuţiile noastre nu este un timp pierdut. Mai ştii ? Poate că am în faţă un viitor mare fizician, şi, cîndva, voi fi mîndru că eu ţi-am dat primele noţiuni !

— Lăsînd gluma la o parte, totuşi, ce este un spectrometru ?

— Uite, zice profesorul, privind la apa limpede a bazinului pe marginea căruia făceam plajă, te-ai întrebat vreodată de ce atunci cînd e plin de apă fundul bazinului se vede mai sus ?

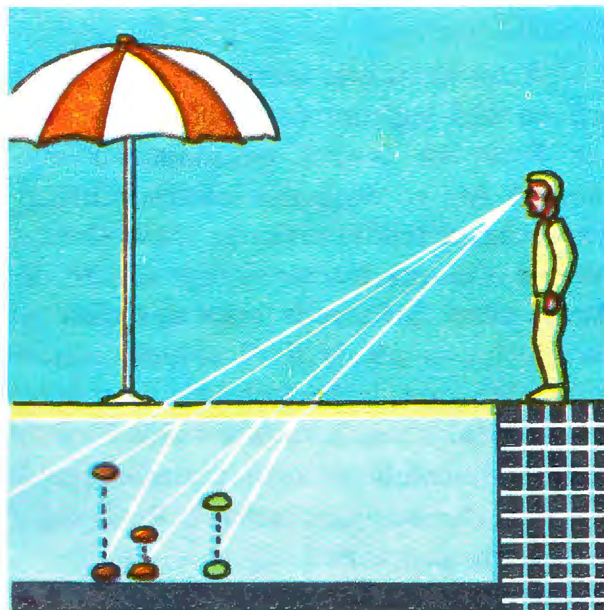
M-am uitat instinctiv la bazin, deşi cunoşteam foarte bine fenomenul. Era o apă limpede, de curînd schimbată, liniştită pentru că în această clipă nu era nimeni în ea, iar de acolo de unde stăteam, se vedea foarte clar cum pornind de la linia ce delimita partea cu aer de cea cu apă toate liniile verticale ale bazinului, precum muchiile, se frîngeau, iar acesta părea mult mai puţin adînc decît era scris din loc în loc pe marginea lui.

— Da, am mai văzut şi altă dată acest fenomen, dar n-aş putea să-i dau o explicaţie.

— Se datoreşte fenomenului de refracţie. Adică, raza de lumină care, după cum ştii, se propagă în linie dreaptă, se frînge atunci cînd trece din apă în aer sau din aer în apă.

— Numai la apă şi la aer se întîmplă ?

— Nu, ci ori de cîte ori trece dintr-un mediu în alt mediu cu densitate diferită.



De exemplu, din aer în sticlă sau din sticlă în apă şi aşa mai departe.

— Şi cum se frînge ?

— Păi, să-ţi spun ca la şcoală : Cînd o rază de lumină trece dintr-un mediu mai dens într-un mediu mai puţin dens, se îndepărtează de normală şi invers.

— ... cînd trece dintr-un mediu mai puţin dens într-un mediu mai dens se apropie de normală. Îmi aduc aminte şi eu.

— Normala este o linie imaginară, care face 90° cu suprafaţa apei (sau a mediului) în punctul în care raza de lumină înţeapă această suprafaţă. Perpendiculară pe suprafaţa de separare în acel punct, spunem noi.

Prin urmare, raza de lumină ce pleacă de la un obiect din fundul bazinului se frînge depărtîndu-se de normală la ieşirea din apă şi ajunge la ochiul meu. Cum eu nu văd după colţ, văd obiectul în prelungirea razei care a ajuns şi la ochiul meu, deci mai sus. Şi profesorul mi-a făcut cu degetul înmuiat în apă o schiţă pe marginea uscată a bazinului. Aici e bazinul, aici e obiectul de pe fundul său, aici este suprafaţa apei. Raza de lumină pleacă oblic de la obiect, se frînge depărtîndu-se de normală la ieşirea din apă, aici este ochiul nostru, iar aici, undeva mai sus, voi vedea obiectul, spune el făcînd cu o linie întreruptă prelungirea razei unde vom vedea obiectul.

— Acest lucru este foarte interesant, dar încă nu văd legătura cu spectrometrul.

— Păcat că fundul bazinului nu este colorat ! Am o idee ! zice profesorul. Hai să aruncăm pe fundul bazinului cîteva obiecte colorate. Cel mai bine ar fi nişte discuri de plastic, cît o farfurie de mari sau chiar şi mai mari, colorate în toate culorile curcubeului. Ştii care ar fi efectul ?

— Fundul alb al bazinului s-ar colora cu buline multicolore şi ar fi foarte drăguţ !

— Da, dar s-ar mai întîmpla încă ceva : ar fi foarte instructiv !

— Instructiv ? De ce ?

— Pentru că privind spre fundul bazinului, atunci cînd apa este limpede, am avea senzaţia clară că bulinele roşii sînt la adîncimea cea mai mare, că cele galbene sînt mai sus, cele verzi şi mai sus şi aşa mai departe, iar cele violete ni se vor părea cele mai apropiate de suprafaţa apei !

— Vorbeşti serios, profesore ?

— Vorbesc foarte serios ! Te poftesc să faci acest experiment. Cel mai uşor este să confecţionezi nişte rondele de plastic şi să le împrăştii la întîmplare pe fundul bazinului. Totul este să găseşti plastic în toate culorile curcubeului.

— Şi de ce se va vedea aşa, profesore ?

— Pentru că în refracţie, raza de lumină se frînge în funcţie de lungimea ei de undă şi anume : cu cît lungimea de undă a razei este mai mică, raza se frînge mai tare. Or, culoarea este o expresie a lungimii de undă : roşu corespunde la lungimea de undă cea mai mare, iar violet corespunde lungimii de undă cea mai mică. Raza de lumină ce va pleca de la bulina violet, se va depărta cel mai tare de normală la ieşirea din apă, de aceea noi o vom vedea cea mai ridicată ; raza de lumină roşie se va depărta cel mai puţin de normală, de aceea noi o vom vedea cel mai jos, adică cel mai aproape de fundul real al bazinului.

— Mi-ai spus un lucru interesant şi să ştii că-l voi încerca, măcar cu două culori, cu roşu şi cu violet.

— Îţi urez succes !

— Dar văd că faci ce faci şi nu vrei să-mi spui ce este un spectrometru !

— Ba, din contră, îţi tot spun, dar tu nu-ţi dai seama. Am vorbit de refracţia luminii şi de faptul că unghiul de refracţie depinde de lungimea de undă a razei luminoase. Am făcut doi paşi importanţi ca să înţelegem un spectrometru. Acum îl vom face pe al treilea : ştii ce-i aceea o prismă ? O prismă triunghiulară de sticlă, de exemplu ?

— O prismă triunghiulară de sticlă ar fi o bară de sticlă cu secţiune triunghiulară,

care pe toată lungimea ei ar avea trei fețe plane, care se întîlnesc în trei muchii.

— Foarte bună descriere ! Așa este ! Acum, să ne închipuim că avem o prismă triunghiulară de sticlă foarte transparentă și că mai avem două bucăți de carton alb, unul din cartoane avînd o gaură de 2 sau 3 milimetri undeva la mijloc.

Le așezăm față de Soare în așa fel încît cartonul cu gaură (cu fantă) să permită unei raze de Soare să treacă astfel încît să cadă oblic pe una din fețele prismei, iar de partea cealaltă căutăm să prindem raza ce trece prin prismă. Uite, cam așa, și profesorul îmi desenează cele două cartoane paralele, față în față și între ele prisma.

— Ce crezi că vom vedea ?

— O pată albă rotundă făcută de raza de Soare ce trece prin fanta din carton.

— Acest lucru îl vom vedea cînd nu este prisma. În momentul în care am pus prisma, în locul petei albe, voi vedea o pată lungă cu tot spectrul curcubeului și deviată față de pata albă inițială.

— Foarte interesant ! Cum adică deviată ?

— Foarte bine. Cînd pun prisma, undeva lîngă ea voi vedea roșu, mai departe oranj, mai departe galben și așa mai departe, iar violetul va fi cea mai depărtată, cea mai deviată culoare.

— Profesore, se întîmplă să ai la tine la vilă o prismă ?

— Nu am adus cu mine nici o prismă, dar dacă vii la mine după-masă să ne bem ceaiul, vom încerca să reproducem fenomenul cu ajutorul unui pahar cu apă.

— Se poate și cu un pahar cu apă ?

— Cu puțină îndemînare și cu oarecare nebăgare de seamă din partea spectatorului, merge ! glumi profesorul sculîndu-se din șezlong și aruncîndu-se în apa limpede a bazinului.

Am înțeles prin aceasta că pune punct discuției noastre, cel puțin în această dimineață și l-am imitat lăsîndu-mă ușurel în apa nu prea caldă la această oră a dimineții, cînd Soarele nu apucase încă să o încălzească.

. . . .

După ce ne-am băut ceaiul, în după-amiaza aceleiași zile, la profesor în vilă, timp în care am pălăvrăgit cîte în lună și-n stele, numai de fizică nu am discutat, văd că profesorul vine cu un pahar pe jumătate plin cu apă și cu două bucăți de carton, special pregătite căci am observat că unul din ele avea o gaură de cîțiva milimetri în diametru. A tras cu grijă draperiile, făcînd oarecare întuneric în cameră, dar lăsînd un mic fascicul de lumină de la Soare să pătrundă înăuntru. Pe această rază de lumină a fixat el cartonul cu gaură lăsînd numai firicelul de lumină pe care acesta îl delimita să treacă mai departe. Mi-a dat să țin celălalt carton în mînă și am prins pe el pata mică albă cu margini difuze lăsată de firicelul de lumină. Înclinînd cu grijă paharul, astfel încît să imite oarecum cele două fețe ale unei prisme, l-a plasat în drumul razei de lumină. Dintr-o dată, pe cartonul din mîna mea a apărut o jerbă în toate culorile curcubeului. Era foarte frumos ! Și într-adevăr, roșul acestei jerbe era cel mai aproape de locul unde fusese pata albă de lumină, iar violetul era cel mai depărtat. Înclinînd mai mult sau mai puțin paharul, jerba colorată se lărgea sau se aduna. După ce ne-am jucat așa un timp, profesorul a dat perdeaua la o parte, declarînd experimentul încheiat.

— Profesore, simt că ne apropiem de momentul cînd îmi vei spune ce este un spectrometru !

— Am și realizat un spectrometru ! Ceea ce ai văzut tu pe ecranul acesta era spectrul luminii albe de la Soare, iar dispozitivul carton cu fantă — prismă — ecran este un foarte rudimentar spectrometru. Cu ajutorul lui am descompus un fascicul de lumină albă în părțile componente.

— Cum adică în părțile componente ?

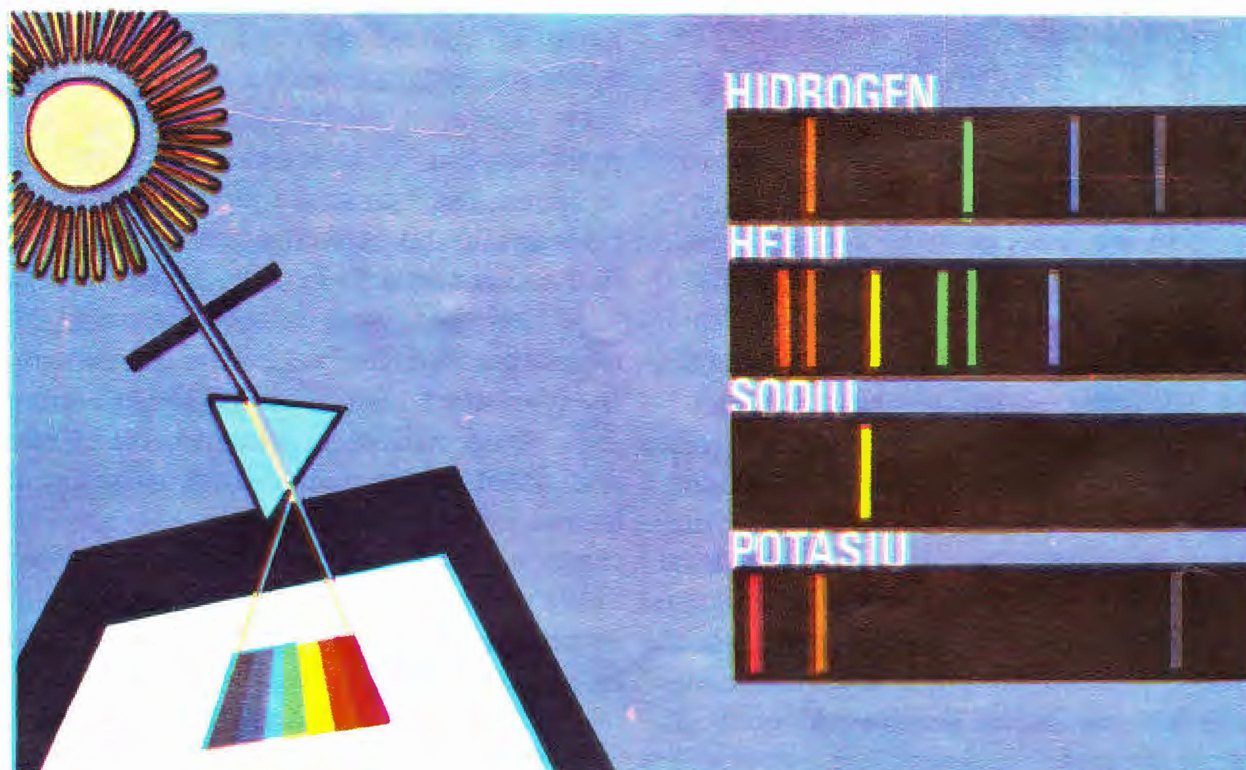
— După cîte știi, Soarele este un glob in-

candescent, în care, îți dai acum seama, toți atomii (și sînt acolo de toate felurile !) se află în stare excitată emițînd continuu fotoni, adică „bucățele de undă de lumină“. Dar, cum am mai spus, deoarece în Soare se află o mare varietate de atomi la temperaturi foarte ridicate, într-un fascicul de lumină ce vine de la el voi găsi fotoni provenind de la toți atomii, deci, practic, de toate lungimile de undă. Iată de ce, trecînd lumina de la Soare printr-un spectrometru cu prismă, voi vedea o pată continuă de lumină de la roșu pînă la violet.

— Dar dacă nu analizez lumina care vine de la Soare, ci una care vine de la un element adus în stare de incandescență ?

— Aici am vrut să te aduc ! — spuse el vesel și, ridicîndu-se cu o mișcare grăbită, îmi aduce o carte de fizică de liceu în care se aflau pe o pagină mai multe benzi negre, pe care ici și colo se afla cîte o dungă îngustă și colorată.

— Dacă aduc la incandescență atomi de hidrogen, iar lumina emisă de ei o voi trece printr-un spectrometru, voi obține un spectru ca acesta, spuse el, indicîndu-mi cu degetul o bandă neagră unde se vedeau numai vreo patru linii : una roșie mai la stînga, una verde-albastră mai la mijloc, una albastru-indigou și una violetă. Hidrogenul emite numai fotoni ale căror frecvențe corespund acestor lungimi de undă, deci acestor culori. Ori de cîte ori voi vedea aceste linii voi ști că în substanța adusă la incandescență se află și hidrogen. Fiecare atom din tabelul periodic al elementelor își are cartea lui de vizită formată din spectrul său de emisie. S-au făcut măsurători pe toți atomii, cu spectrometre de mare precizie, cu mare putere de separare a liniilor și s-au întocmit cataloage, care arată spectrul de emisie al fiecărui atom, fiecare cu particularitățile lui, astfel încît să-l putem oricînd recunoaște după aceste „amprente“. S-a dezvoltat o întreagă „analiză spectrometrică“, ce constă în aducerea la incandescență a unei substanțe, extragerea cu ajutorul unor fante a luminii pe care această substanță o emite, trecerea acestei lumini printr-un spectrometru, fotografierea spectrului de linii a acesteia, după



care, luînd catalogul de spectre al atomilor, să spunem : în această substanță se găsește elementul cutare, căci iată aici liniile lui, împreună cu elementul cutare și cutare. Și nu numai atît, dar, măsurînd și intensitatea liniilor, să spun cît la sută din substanță este elementul cutare și cît la sută este alt element.

— Extraordinar, profesore ! Asta înseamnă că se pot face analize foarte detaliate asupra substanțelor.

— Exact ! Și pot realiza substanțe foarte pure, așa cum este nevoie, de exemplu, în industria farmaceutică sau la producerea de semiconductoare.

— Nici nu bănuiam cît de departe se poate ajunge de la simpla observație că fundul unui bazin pare mai ridicat atunci cînd este plin cu apă !

— În fizică toate fenomenele se leagă între ele într-un lanț nesfîrșit, iar concluziile ne pot duce la realizarea de dispozitive din ce în ce mai miraculoase. Cred că nu te va mai surprinde, dacă îți spun că introducînd raza de lumină ce vine de la o stea sau de la o planetă într-un spectrometru, pot afla din ce este alcătuită acea stea sau acea planetă !

— Studiind spectrul respectiv și folosind catalogul de spectre, pot afla o mulțime de lucruri !

— Cam așa, deși te previn că problemele se complică atunci cînd trecem efectiv la treabă.

— În fața mea se deschide o lume întreagă numai din ce mi-ai povestit astăzi, profesore !

— Este lumea minunată a opticii, cu aventurile fotonilor din razele de lumină, cu excitările și dezexcitările atomice, cu spectre de emisie și absorbție, reflexie și refracție și cu acel copil teribil al său care este laserul.

— Hai, profesore, spune-mi, te rog, ce este laserul și cu asta îți promit că te las în pace pe ziua de azi !

— Dar dumneata ești un elev foarte grăbit ! Vrei să afli totul dintr-o dată. Mă așteptam ca după ce ți-am spus atîtea lucruri noi să-mi ceri tu singur o pauză de gîndire, să mai meditezi asupra celor aflate.

— Da, ai dreptate ! În restul zilei, mă voi gîndi la spectrometrul nostru și la modul în care el separă fotonii de frecvențe diferite. Mă voi gîndi la spectrul continuu al luminii de la Soare și la spectrele de linii din emisia atomilor. Ce interesant, ca fiecare atom să aibă o amprentă, după care să-i identifici urmele ca într-o cercetare polițienească ! S-a comis o reacție chimică ? Diverse probe arată că pe aici se află niște hidrogen, niște oxigen și niște natriu. Nu cumva ele sînt de vină ? Să fie cercetați vinovații ! Și cercetarea începe : se aduce substanța la incandescență, se extrage un fascicul din lumina emisă, se descompune pe o prismă în spectrul de linii, se fac fotografii, se consultă cataloage de amprente și se stabilesc cu competență vinovățiile.

— Ai imaginație, tinere ; dar trebuie să recunosc că ai și dreptate !

. . . .

Din nou, restul după-mesei s-a petrecut într-un campionat animat de table la masa de sub nucul din curte. Profesorul nu a jucat, pentru că noi doi am sosit la locul competiției după ce se efectuase tragerea la sorți a partidelor. Din nou băuturi răcoritoare, cafele, vociferări, exclamații și toate cele nelipsite unei atmosfere de bună dispoziție. Îmi place să stau între bărbați în asemenea momente : ei seamănă atît de mult cu copiii în joaca lor !

După ce larma jocului s-a stins, iar mama a strîns resturile bătăliei, tata, profesorul și cu mine am rămas să gustăm din pacea înserării. Nu se mai poate spune că sînt eu totdeauna de vină ! De data aceasta profesorul a deschis vorba :

— Mă întrebai astăzi ce este laserul ! ? L, A, S, E, R sînt inițialele unei denumiri englezești, care definește și funcția laserului. *Light Amplification by Stimulated Emission*

of Radiation, adică amplificarea luminii prin emisia stimulată a radiației.

Din discuțiile noastre de pînă acum, avem cam toate elementele ca să-ți pot explica ce este un laser. În afară de emisia stimulată.

— Ce este emisia stimulată ?

— Asta mă gîndesc să-ți povestesc acum. Închipuie-ți că avem un atom în stare excitată, adică un electron din el se rotește pe o orbită superioară ca energie celei pe care ar trebui să se afle. Ți-am spus că electronul se va roti un timp pe această orbită, dar pînă la urmă se întoarce singur pe orbita mai joasă emițînd un foton de o anumită frecvență. Aceasta se numește „emisie spontană", adică se produce de la sine.

Să ne închipuim că avem același atom în aceeași stare excitată, dar că, în timp ce electronul se rotește pe orbita superioară, trece pe lîngă acest atom, așa ca din întîmplare, un foton exact de frecvența fotonului ce urmează acest atom să-l emită. Ei bine, datorită unui fenomen de simpatie, pe care noi îl numim rezonanță, atomul nostru se va dezexcita, electronul va trece pe orbita sa și va emite înainte de vreme fotonul respectiv. Aceasta este „emisia stimulată". Repet : atomul excitat emite fotonul, nu în mod spontan, că i-a venit timpul să o facă, ci înainte de vreme, pentru că tocmai trecea un foton identic pe lîngă el și zicea „hai cu mine !". Auzind chemarea „hai cu mine !", atomul se dezexcită dintr-o dată și un nou foton ia naștere, identic cu cel stimulant, plecînd după acesta.

— Pleacă după primul, indiferent în ce direcție se duce acesta ?

— Acest lucru trebuie să-l lămurim acum. Te rog să nu te superi pe mine că repet a treia oară explicarea emisiei stimulate, dar vreau să mă conving că ai înțeles. Un foton, să-i zicem stimulant, trece pe lîngă un atom în stare excitată, a cărui energie de excitație este exact egală cu energia fotonului stimulant. Atomul se va dezexcita sub influența fotonului stimulant, care are aceeași energie, deci aceeași frecvență cu fotonul stimulant.

— Era de așteptat, după legea conservării energiei.

— Exact. Dar mai există încă două asemănări între fotonul stimulant și cel stimulat.

— Care ?

— Una : fotonul stimulat are riguros aceeași direcție și același sens ca fotonul stimulant.

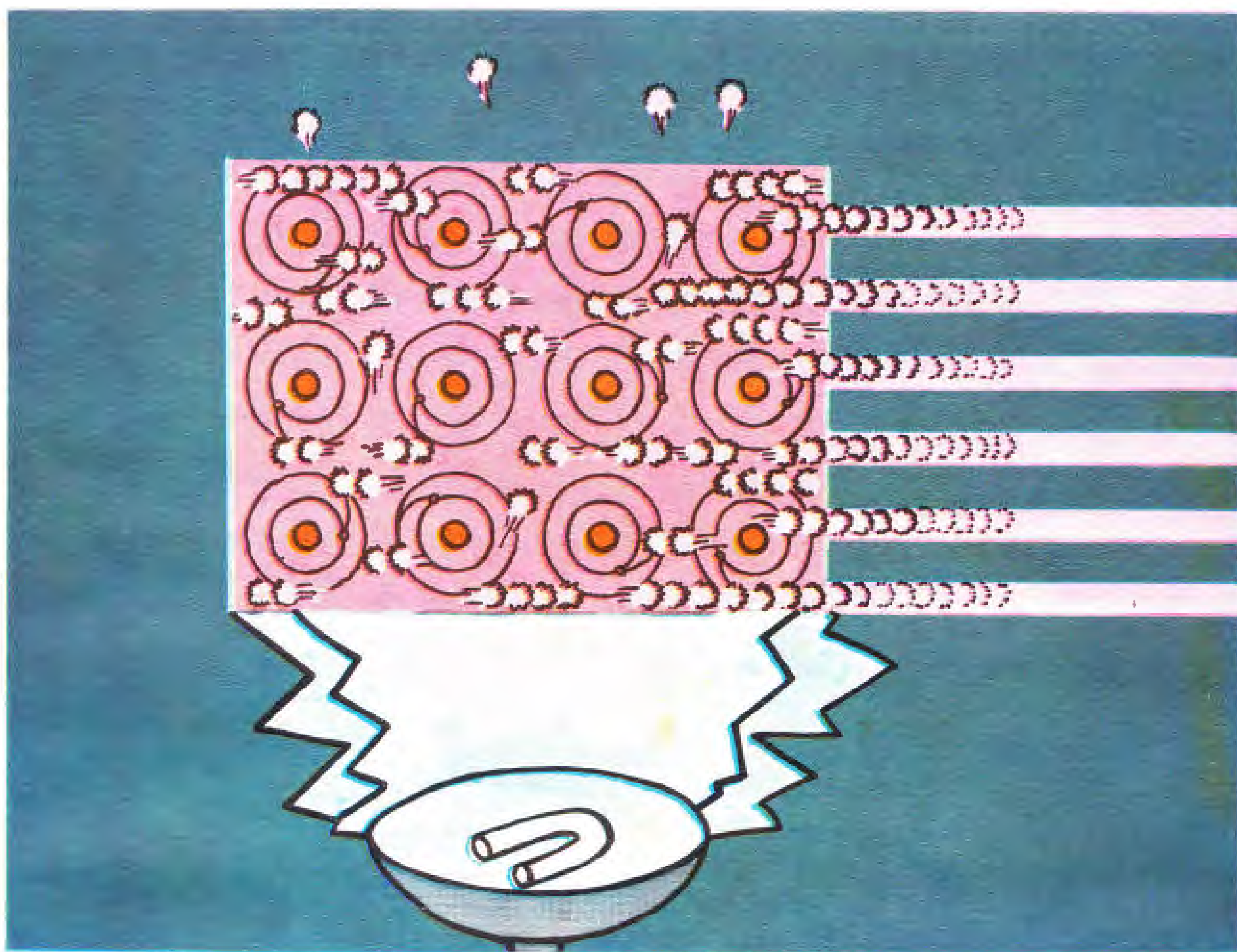
A doua : fotonul stimulat oscilează „în fază" cu fotonul stimulant.

— Ce înseamnă „în fază" ?

— Adică, cîmpurile electrice și magnetice oscilante din cei doi fotoni cresc și scad în același timp !

— Am mai auzit expresia „în concordanță de fază", descriind cazul cînd doi oscilatori oscilează sincron și în același sens.

— Și acum să vorbim despre laser. Într-un cristal de rubin există ca impuritate atomi de cesiu, care îi dau și culoarea aceea roșie caracteristică. Din mai multe motive, cesiul a fost ales ca element ai cărui atomi să fie cei excitați. S-a găsit într-un muzeu un rubin din tezaurul unui duce de Parma, mi se pare, care avea o formă adecvată, adică cea de baton. Nu știu bine dacă era cilindru sau prismă. Nu are importanță. Important este faptul că cele două capete ale rubinului au fost șlefuite cu două fețe perfect paralele între ele, dar care se aflau la o distanță una de alta exact de un număr întreg de ori lungimea de undă a fotonului pe care îl emitea acea stare excitată a cesiului. O dată șlefuirea bine făcută și verificată distanța dintre cele două fețe, aceste fețe au fost metalizate, adică s-a depus pe ele un metal pînă s-au făcut oglinzi. Numai că ele au fost metalizate diferit : una din ele era capabilă să reflecte toți fotonii care cădeau pe ea, iar cea de la celălalt capăt reflecta jumătate din fotoni, în timp ce cealaltă jumătate era lăsată să treacă. Aceasta era o oglindă „semitransparentă".



O dată realizată această toaletă, rubinul nostru era gata de lucru. Lîngă el, ca să-l lumineze lateral a fost pusă o lampă flash, ca cea folosită la aparatul de fotografiat. Flaşul era o sursă foarte puternică de fotoni de lumină violetă şi radiaţie ultravioletă, care căzînd lateral pe rubin aducea foarte mulţi atomi de cesiu în stare excitată.

— Cum îi excita, profesore ?

— Fotonii aceştia, de lungime de undă foarte mică, deci foarte energici, ciocneau electronii din atomii din rubin, deci şi pe cei din atomii de cesiu şi îi determinau astfel, după mai multe procese, să ocupe orbita superioară dorită. Acum începe să se producă efectul laser şi de aceea vă rog să mă urmăriţi cu atenţie ! Plecăm de la ideea că datorită flashului avem permanent foarte mulţi atomi de cesiu în stare excitată. La început, o parte din ei vor emite în mod spontan fotonul acela roşu care ne interesează. Ei sînt emişi în toate direcţiile şi părăsesc cristalul de rubin, care pe unde poate. O parte foarte mică din aceştia, hai să zicem unul la mie, sau chiar mai puţin, vor fi emişi şi în direcţia axului rubinului, adică perpendicular pe una din oglinzi. Aceşti fotoni, la început foarte puţini, vor fi reflectaţi de una din oglinzi, se vor întoarce de-a lungul cristalului şi vor fi reflectaţi şi de a doua oglindă, şi, uite aşa, cîţiva fotoni dintre aceştia se vor reflecta du-te-vino de cele două oglinzi paralele între ele. În acest du-te-vino al lor, ei vor întîlni în cale mulţi atomi de cesiu excitaţi, cărora le vor stimula emisia prin „hai cu mine“, şi, de fiecare dată, un nou foton identic îi va urma, îngroşînd foarte mult rîndurile celor care se mişcă în du-te-vino pe direcţia axului cristalului. Înmulţindu-se aceştia, ei vor stimula prin „hai

cu mine“ şi mai mulţi alţi fotoni, şi, astfel, lumina roşie a cesiului se va amplifica foarte tare, pe direcţia cristalului. Iată deci cum s-a produs efectul laser prin emisie stimulată.

Dar vă amintiţi că v-am spus că una dintre oglinzi este „semitransparentă“. Aceasta face ca, pe la acest capăt al cristalului, să scape tot mereu o parte din fotoni. Fotonii care scapă formează fasciculul laser. El este atît de concentrat, noi fizicienii spunem atît de paraxial, încît un fascicul, care aici pe Pămînt ar face pe un ecran o pată cu diametru de un centimetru, ar ajunge pe Lună cu diametrul de 300 de metri !

— Acest lucru este extraordinar, spune tata. Avînd în vedere distanţa imensă Pămînt-Lună, fasciculul este într-adevăr foarte concentrat !

— Paraxialitatea este una din proprietăţile remarcabile ale fasciculului laser. Ea rezultă din proprietatea de unidirecţionalitate a fotonilor stimulaţi. O altă proprietate este oscilaţia în fază a întregului fascicul laser.

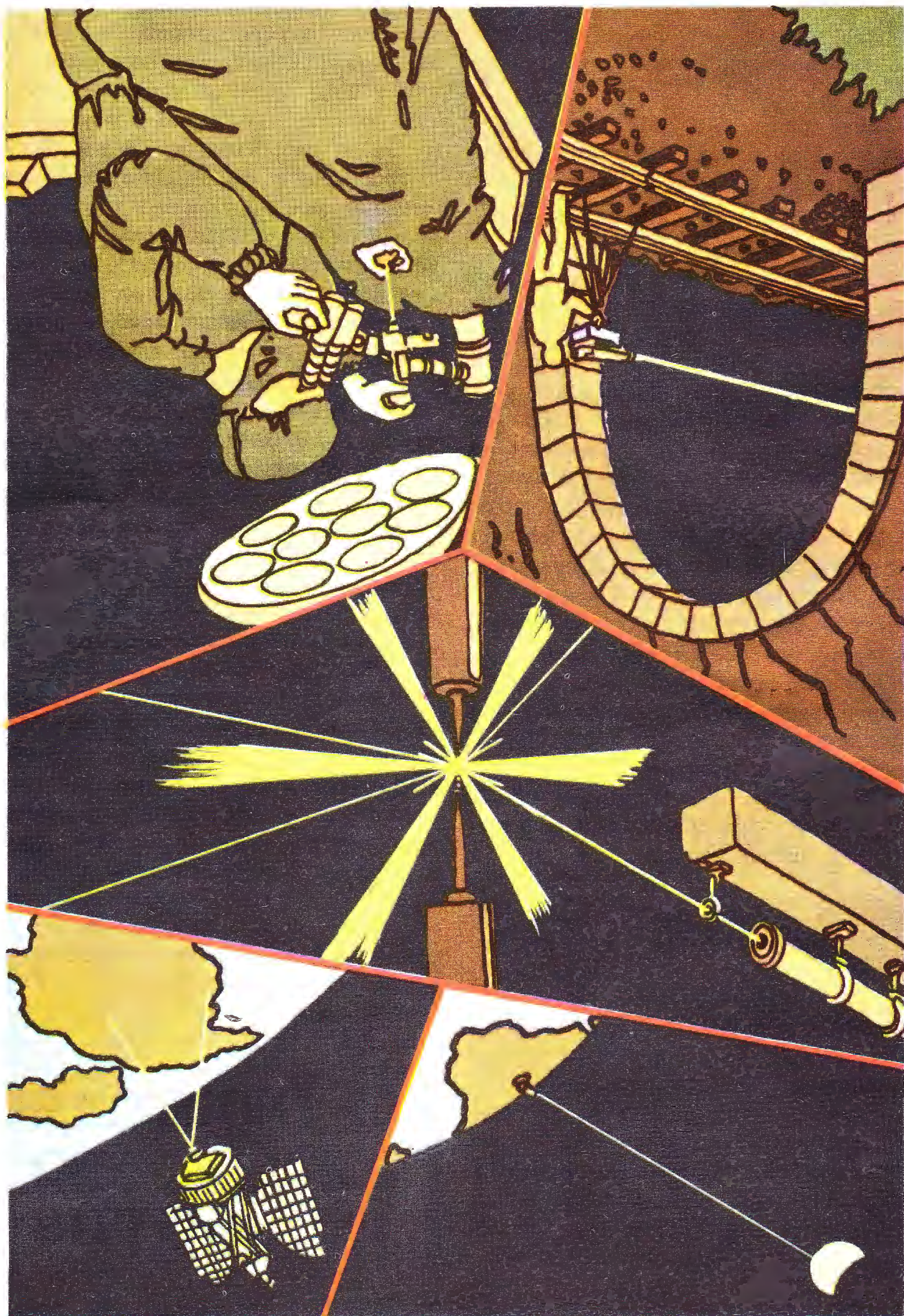
— Asta ce înseamnă, profesore ?

— Diferenţa între un fascicul de lumină obişnuit şi unul laser este ca diferenţa dintre un şir de oameni care merg fără o ordine anume la o demonstraţie şi o paradă militară, în care toţi soldaţii merg în cadenţă. Faţă de un fascicul obişnuit de lumină, un fascicul laser înseamnă o ordine superioară : toţi fotonii au aceeaşi energie, aceeaşi direcţie şi se mişcă în cadenţă, adică oscilează toţi sincron.

— Bineînţeles că s-au găsit imediat aplicaţii la aceste proprietăţi !

— Aplicaţiile sînt nenumărate ! Mai întîi, să vă spun că, de la descoperirea efectului laser pînă astăzi, laserii s-au diversificat foarte mult. Nu se fac numai din rubin ci din o mulţime de alte substanţe. La multe din ele mediul de oscilaţie este gazos. Unii laseri s-au specializat pe concentrarea de foarte multă energie pe o singură direcţie. Alţii îşi schimbă lungimea de undă la rotirea unui buton. Este extraordinar ce a putut produce inventivitatea omenească în cei 25 de ani de cînd există laserul. Iar ca aplicaţii, ele sînt nenumărate : alinieri în construcţii, la săpări de tuneluri, la metrou ; măsurarea cu precizie a distanţei Pămînt-Lună ; supravegherea gradului de poluare a atmosferei, separări de izotopi pentru tehnicile nucleare şi probabil că şi la realizarea reactorilor de fuziune termonucleară, care vor fi sursele de energie ale viitorului, laserul va avea un cuvînt greu de spus.

— Profesore, ne-ai copleşit cu explicaţiile. Sînt bucuros că, de bine de rău, am şi eu idee de acum încolo ce e acela un laser.



BILIARD CU NEUTRONI

Restul încăperii se pierdea în semiobscuritate. Deşi era dimineaţă, perdelele erau trase. Numai suprafaţa de un verde intens a mesei de biliard era puternic luminată de o lampă cu abajur coborîtă foarte jos faţă de tavan.

Dreptunghiul acela verde, strălucitor, pe care trei bile de fildeş, una albă, una galbenă şi una roşie, executau un dans elegant şi abstract, mă fascina. Mă uitam uimit cum bilele se fugăreau una pe alta, se reflectau şi se ciocneau din nou. Cîteva clipe se opreau încremenite, pînă cînd tacul le lovea cu o mişcare scurtă şi energică. Bila ciocnită pornea ca din puşcă, ciocnea una din celelalte trimiţînd-o într-o parte, ea pleca în alta, se reflectau amîndouă de muchiile elastice, descriau linii frînte, o ciocneau pe a treia şi, după ce se mai reflectau de cîteva ori descriind geometrii complicate, se opreau rînd pe rînd în nemişcare. Repaosul lor nu dura mult, căci o altă lovitură de tac provoca un nou dans, bilele porneau din nou, se ciocneau elastice, se depărtau cu eleganţă, se reîntîlneau şi se respingeau cu un sunet specific, şi aşa, jocul se relua mereu. Era şi un punctaj pe care tata şi profesorul îl scriau cu creta pe o tablă mică de pe perete. Nu punctajul mă interesa, ci dansul fascinant al bilelor pe dreptunghiul luminat orbitor şi modul cum oamenii din partea întunecoasă a camerei, ca nişte spirite din umbră, dirijau acest dans.

Uneori, o bilă se îndrepta în mare viteză spre alta, o ciocnea în plin, se oprea pe loc, transmiţîndu-i celei de a doua toată viteza sa. Modul acesta de a se transmite toată energia cinetică de la un corp în mişcare la altul, prin ciocnire, mă atrăgea în mod deosebit. M-am surprins gîndind astfel despre energia cinetică şi mi-am dat seama cît de mult m-a influenţat întîlnirea mea cu profesorul în această vacanţă.

Mai tîrziu, cînd el şi tata făceau o pauză la o halbă de bere, aşteptînd să le vină iar rîndul pentru partida revanşă, i-am împărtăşit profesorului gîndul meu :

— Îmi face foarte mare plăcere să urmăresc cum prin ciocnire bilele îşi transferă energia cinetică una alteia, profesore.

— Constat că te-ai molipsit de la mine în a căuta sensul fizic la toate fenomenele ! Eşti pe drumul cel bun, bătrîne, dă-i înainte tot aşa şi nu vei mai scăpa de fizică.

— Spune, profesore, nu este instructiv acest joc ?

— Este atît de instructiv pentru formarea unei intuiţii corecte în fizică, încît eu aş instala cîte o masă de biliard în fiecare şcoală, mai degrabă decît în cafenele. Există o întreagă teorie a ciocnirilor, care rezolvă problema transferului de energie cinetică între corpuri, care poate fi foarte bine înţeleasă dacă urmărim acest joc. Eu sînt convins că Enrico Fermi, cînd a moderat neutronii urmărise cu atenţie jocul de biliard, dacă nu cumva era chiar el un jucător de biliard.

— A moderat neutronii ? Ce minuni îmi mai spui, profesore ?

— Îmi pare rău că vă întrerup, intervine tata, dar uite că se eliberează masa şi vreau să-ţi amintesc, profesore, că-mi datorezi o revanşă.

Din nou am urmărit dansul fascinant al bilelor albă-galbenă-roşie. Zvîcnire iniţială, ciocnire, reflexii de pereţi, alte ciocniri,



ENRICO FERMI

traiectorii frînte, oprire. Totul se desfăşoară în tăcere. Aici nu mai era veselia de la table. Nu se auzea decît clinchetul scurt al ciocnirilor. Feţele jucătorilor aveau o concentrare calmă. Biliardul mi se părea un joc mai cerebral, mai serios, şi parcă are şi o anumită eleganţă. chiar nobleţe.

Profesorul a fost mai bun. Am impresia că el calcula cu ceva mai mare precizie unghiul sub care trebuia trimisă bila, astfel încît. după a nu ştiu cîta reflexie, să ciocnească exact bila dorită şi să se oprească la timp, ca să nu se departeze prea mult pentru lovitura următoare. Am plecat de acolo cu o anume satisfacţie, gîndindu-mă că oamenii şi-au inventat fel de fel de jocuri care să corespundă la crearea de diferite stări sufleteşti. Cred că mă voi gîndi mult timp la această vacanţă, ca la una foarte reuşită din viaţa mea. În drum spre casă, profesorul era bine dispus. M-a luat cu afecţiune de după umăr, spunîndu-mi :

— Dragul meu, minunea cu moderarea neutronilor seamănă foarte mult cu jocul de biliard pe care l-ai urmărit astăzi. Am de gînd să-ţi povestesc ceva mai multe despre isprăvile neutronilor.

— Ai face foarte bine, profesore ! Despre isprăvile electronilor mi-ai povestit şi ştiu că electricitatea este plină de ele. Despre isprăvile fotonilor mi-ai spus cîte ceva şi înţeleg că optica este plină de ele. Mai rămîne acum...

— ... să-ţi povestesc despre isprăvile neutronilor şi protonilor, căci, vorba ta, fizica nucleară este plină de ele.

De cînd am ieşit din sala de biliard, îmi frecam ochii în continuu. Contrastul între întunericul sălii, cu efectul acela de lumină pe masa verde, şi strălucirea orbitoare a Soarelui de amiază mă jena încă.

— Deci, profesore. vom continua călătoria noastră în microcosm. Am călătorit în paharul gol ca să vedem moleculele, am intrat în lumea atomilor, apoi în cea a electronilor, ne-am plimbat prin lumea fotonilor, iar acum îmi propui să ne micşorăm şi mai mult şi să mergem în lumea nucleelor, care, după cum mi-ai spus, sînt de o sută de mii de ori mai mici decît atomii.

— Sper că nu te-ai înfricoşat de atîta lucru !

— Din contra ! Aştept cu nerăbdare să aflu cît mai multe şi despre nucleul atomic.

— Nu neapărat multe, ci mult. Principiul meu este că decît să afli multe lucruri în mod superficial, mai bine mai puţine, dar mai profund, mai în detaliu. În tot ce ţi-am povestit eu din fizică, am fost consecvent acestui principiu. Din toate problemele legate de fizica nucleului îţi voi povesti numai despre fisiunea nucleară. Acum ne despărţim, dar dacă vrei să afli cîte ceva despre fisiune, bătrînul profesor te invită după-masă la o plimbare prin împrejurimi.

. . . .

Mergeam agale, unul lîngă altul, pe drumul ce duce spre cabana Rarău, nu cu intenţia de a ajunge pînă acolo, căci nu puteam face cei 14 km pînă la cabană şi înapoi într-o singură după-masă. Frumuseţea locurilor, precum şi aerul curat, rarefiat parcă al acestor

locuri, îți dădeau un anume neastîmpăr.

Profesorul avea un carnețel în mînă și gesticula cu el în timp ce vorbea, iar mai tîrziu aveam să înțeleg că avea nevoie de el ca să-mi facă niște socoteli legate de explicațiile lui.

— Ți-aduci aminte ce ți-am spus, că nucleele sînt făcute din neutroni și protoni, care sînt particule cam de aceeași masă.

— Ce înseamnă, profesore, cam de aceeași masă ? Sau au aceeași masă sau nu !

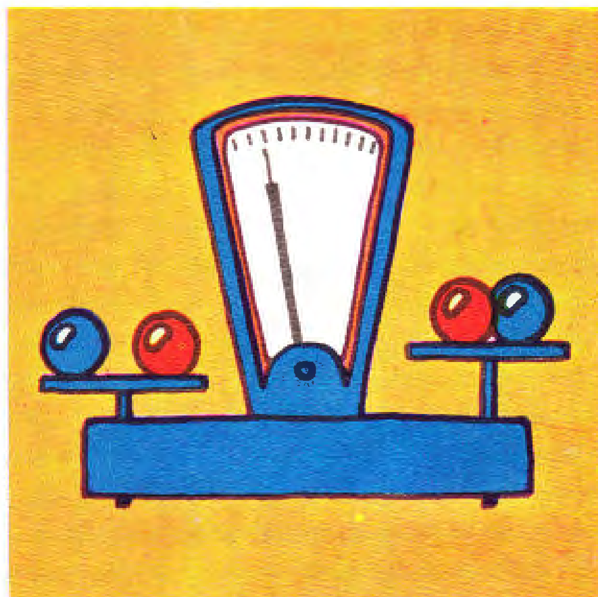
— Nu au aceeași masă ; ci masele lor sînt foarte apropiate. Dar hai să lămurim acest lucru. Ca să nu exprim în kilograme masa neutronului și a protonului, căci ar însemna să folosesc numere cu zero, virgulă multe multe zerouri, fizicienii au simțit nevoia să folosească o unitate de masă cît mai aproape de masa unui nucleon (neutron sau proton), căci orice nucleu atomic va avea un număr oarecare de nucleoni. Această unitate se numește unitate atomică de masă și o notăm prescurtat cu *uam*. Și, ca să nu se supere nici neutronul, nici protonul că nu a fost aleasă masa lui ca unitate și bineînțeles și din alte motive, s-a ales ca unitate atomică de masă a douăsprezecea parte din masa atomului de hidrogen și anume din masa izotopului ${}_6C^{12}$, care are în componența lui șase protoni, șase neutroni în nucleu, iar șase electroni se rotesc pe orbite. Știi ce valoare are ea în kilograme ? Hai să scriem — și profesorul a scris cu creionul pe prima pagină a carnețelului :

$$1\ uam = 1{,}66 \cdot 10^{-27}\ kg$$

ceea ce înseamnă zero, virgulă, urmează 26 de zerouri și pe urmă cifrele 1, 6 și 6. În acest caz, hai să scriem masa neutronului, în unități atomice de masă ; și profesorul a scris :

$$m_n = 1{,}00863\ \ldots\ uam,$$

iar masa protonului este :



$$m_p = 1{,}00725\ uam.$$

După cîte vezi, masele lor sînt foarte apropiate. Ele diferă atît de puțin, încît atunci cînd spun „cam egale“ nu greșesc cu nimic. Dacă tu te duci la magazinul alimentar și ceri 1 kilogram de zahăr, să zicem că vînzătoarea îți dă 1 008 grame. Datorită erorii de cîntărire, care este de circa 10 grame, ea nu poate să-ți spună dacă ceea ce a cîntărit ea are 1 007 sau 1 008 grame. Cam atît diferă și neutronul nostru de proton.

— Am înțeles acum ce vrei să spui cu vorba „au cam aceeași masă“, dar nu înțeleg de ce ai insistat pe acest amănunt.

— Ca să înțelegi că atunci cînd vei auzi că nucleul de uraniu are numărul de masă 238, să știi că el se referă la faptul că are 238 de nucleoni, adică 92 de protoni și 146 de neutroni, ci și că masa lui este de circa 238 de unități atomice de masă.

— Am înțeles !

— Să scriem acum masa atomului de hidrogen. Cît este ea ? Evident este masa unui proton, care este nucleul, plus masa unui electron. Și profesorul a început să scrie pe carnet :

masa protonului plus masa electronului

$$m_p = 1{,}00725$$
$$m_e = 0{,}00055$$
$$\text{total} = 1{,}00780 \text{ uam}$$

— Profesore, dă-mi voie să-ți spun eu acum care va fi masa nucleului de deuteriu. Vasăzică, nucleul deuteriului este format dintr-un proton și un neutron, deci masa lui va fi

$$m_p = 1{,}00725$$
$$m_n = 1{,}00863$$
$$\text{total} = 2{,}01588 \text{ uam}$$

așa e ?

— Ei bine, nu este așa ! Îmi pare grozav de bine că am ajuns aici. Masa nucleului de deuteriu, măsurată, deci reală, este 2,01410.

— Cum așa, profesore ? Nu mi-ai spus tu că un nucleu de deuteriu este format dintr-un neutron și un proton ?

— Ba da, așa ți-am spus !

— Nu mi-ai spus că masa unui proton este 1,00725 uam și că masa unui neutron este 1,00863 uam ?

— Ba da, așa ți-am spus !

— Nu e normal atunci ca masa nucleului de deuteriu să fie suma celor două mase, a protonului și a neutronului ?

— Așa au gîndit și fizicienii și au fost foarte nedumeriți și ei de această lipsă de masă, „defect de masă", cum l-au numit ei. Unde este restul de masă ? — s-au întrebat. De ce acest „defect" față de masa calculată ? Și atunci, s-au apucat să vadă cum stau lucrurile și la alte nuclee. Nedumerirea a crescut și mai mult cînd s-a constatat că la absolut toate nucleele ale absolut tuturor izotopilor existenți există un defect de masă : uneori mai mare, alteori mai mic, dar defectul de masă există întotdeauna. Ori de cîte ori luăm suma maselor neutronilor și suma maselor protonilor dintr-un nucleu, nu cădem exact peste masa măsurată a nucleului respectiv, ci totdeauna obținem mai mult. Apare întotdeauna o „lipsă la cîntar" la masa reală față de cea calculată. Apare un defect de masă. Și s-au apucat și au măsurat defectul de masă la toate nucleele și au făcut un tabel.

— Și ce explicație au dat ?

— Așteaptă ! Mai avem pînă la explicații ! Acum să discutăm altă problemă. Cum pot eu rupe un nucleu de deuteriu ?

— Cum adică, să-l rup ?

— Am un nucleu de deuteriu și vreau să îl desfac într-un proton și un neutron.

— Este posibil să-l rup ?

— Este posibil ! Fizicienii au făcut tot felul de experimente și au constatat că, dacă dăm nucleului de deuteriu o anumită energie, el se desface într-un neutron și un proton. La fel cu nucleele de heliu, de litiu, de beriliu și așa mai departe. Și fizicienii au măsurat energia necesară pentru a descompune diferite nuclee în părțile componente, au numit-o „energia de legătură" și au făcut un tabel cu aceste energii de legătură.

— Și ce-au făcut mai departe ?

— Mai departe, au comparat cele două tabele între ele.

— Cum adică ?

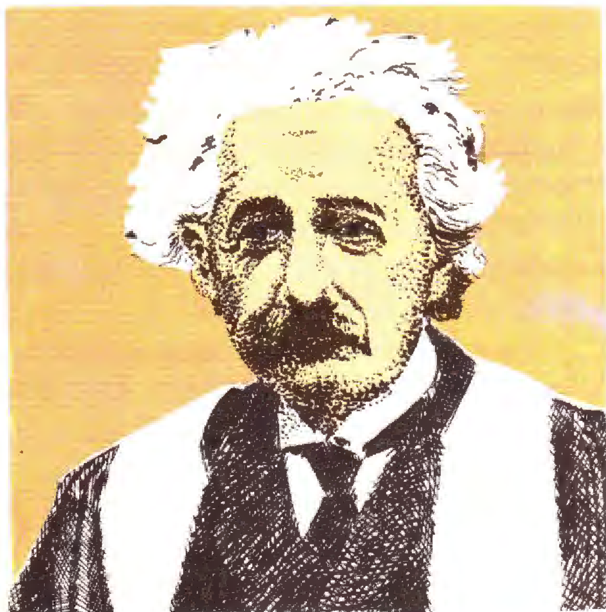
— Au făcut un singur tabel, cu trei coloane. În prima coloană au pus numele izotopului ; în a doua coloană au pus defectul de masă măsurat pentru izotopul respectiv ; în a treia coloană au pus energia de legătură.

— Și ?

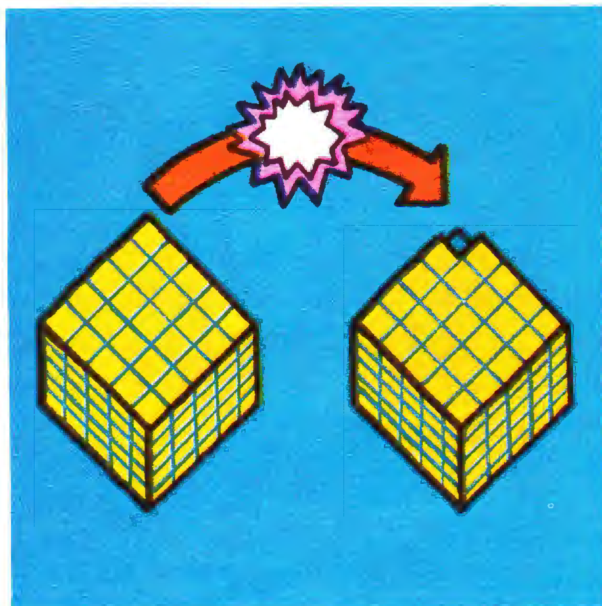
— Și au constatat un lucru extraordinar și anume : dacă înmulțeau defectul de masă în kilograme, cu viteza luminii la pătrat (viteza măsurată în metri pe secundă), obțineau exact energia de legătură exprimată în jouli !

— Extraordinar !

— Ai dreptate : extraordinar ! Așa au zis și fizicienii, cînd s-au pomenit în fața unui adevăr atît de cutremurător ! Era încă o



ALBERT EINSTEIN



confirmare, de data asta foarte palpabilă, a unei formule deja stabilite de Einstein. Se smulgea naturii unul din marile ei secrete : masa se poate transforma în energie și energia în masă. Cînd doi nucleoni (un neutron și un proton) se unesc, ei cheltuiesc o parte din masa lor pentru a o transforma în energie de legătură. Dau energie unui nucleu de deuteriu, sub formă de energie cinetică, ciocnindu-l cu un neutron în viteză, de exemplu, și nucleul de deuteriu se va despica într-un neutron și un proton, fiecare cu masa refăcută ca la început, înainte de a se uni. Masa se transformă în energie și energia în masă, după formula :

$$E = mc^2$$

Am rămas mut. Ceea ce mi-a spus profesorul și mai ales tonul pe care mi-a spus, m-a făcut să înțeleg că acesta era un adevăr de foarte mare importanță pentru fizică, și, probabil, nu numai pentru fizică, ci și pentru oameni în general.

— Acest lucru este important nu numai pentru fizică ci și pentru oameni în general, spune profesorul, ca un ecou al gîndurilor mele, și această coincidență de gîndire mi-a dat un fior rece. Căci dacă astăzi trăim să ne bucurăm de binefacerile energiei nucleare și să ne speriem de patosul înarmărilor nucleare, totul pleacă de la această formulă, căci fizicienii au și văzut aici imense rezerve de energie. Știi cîtă energie obțin dintr-un gram de masă ?

90 000 000 000 000 jouli,

ceea ce înseamnă că din patru grame de masă obțin energia pe care o consumă într-o zi o țară ca România.

— Este uimitor ce-mi spui, profesore !

— Este și mai uimitor faptul că omenirii nu i-a trebuit nici măcar un secol ca să valorifice această descoperire uimitoare ! Cînd Enrico Fermi punea în funcțiune primul reactor nuclear, un gazetar s-a apropiat de el și i-a zis : „Spuneți acum ceva care să rămînă pentru posteritate !“. Și Fermi a făcut următoarea declarație : „Cu această descoperire, viața devine mai interesantă, dar și mai grea“.

— Profesore, cum reușim să folosim energia nucleară ? Cum funcționează un reactor nuclear ?

— Acest lucru încerc să-ți explic în cele ce urmează, dragul meu, dar te previn că va trebui să faci un efort ca să mă urmărești

cu mare atenție și să intervii cu întrebări, ori de cîte ori simți că nu ai înțeles ceva. A explica fenomene fizice, fără a face uz de creion, hîrtie și formule matematice — din care unele foarte complicate — să știi că nu este ușor deloc.

— Nu mă îndoiesc că și de data aceasta vei găsi tu explicațiile cele mai potrivite ca să mă faci să înțeleg.

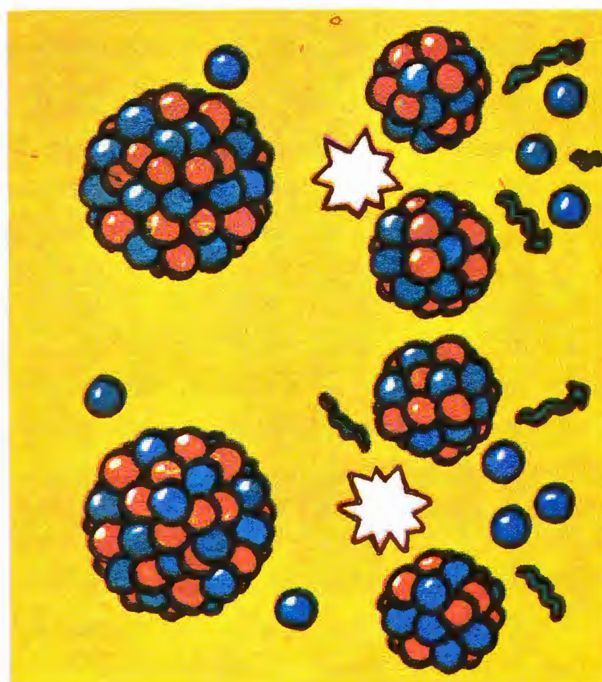
. . . .

— Ți-amintești, începu profesorul brusc, cum ți-am povestit că protonii pot coexista în nucleu, deși se resping electric foarte tare, numai datorită prezenței neutronilor care, prin surplusul de atracție adus, îi țin legați. Acum înțelegi că fiecare neutron aduce în nucleu energie de legătură suplimentară, care menține stabilitatea nucleului. Deci, în nucleul atomic există două tendințe contrarii: una de respingere între protoni, datorită forței electrice între sarcini de același fel, și una de atracție între toți nucleonii, datorită energiei de legătură nucleară adusă de defectul de masă. Pe măsură ce crește numărul de nucleoni din nucleu, această competiție între respingere și atracție cere prezența a din ce în ce mai mulți neutroni în nucleu. De pe la $Z = 100$ în sus, deci de la nuclee ca einsteiniu sau fermiu în sus, respingerea devine atît de puternică încît neutronii nu mai prididesc să țină nucleul unit, și speciile nucleare încep să fie mai puțin stabile. Iată de ce se termină tabloul periodic al elementelor în această zonă!

Fizicienii studiază cu mare atenție proprietățile „transuranienelor", adică ale elementelor de dincolo de uraniu, pentru a le afla proprietățile și în acest fel să tragă concluzii importante despre natura forțelor și fenomenelor ce apar în nucleul atomic.

— Cred că este un domeniu foarte pasionant de studiu.

— Toate domeniile în care fizica se confruntă cu necunoscutul sînt la fel de pasionante, iar rezultatele acestor cercetări constituie noi cunoștințe, noi posibilități de a îmbunătăți viața omului. Dar hai să ne întoarcem la povestea noastră. După cîte ți-ai dat seama, nucleele de uraniu sau toriu se află la capătul tabelului periodic al elementelor, acolo unde ele nu mai sînt chiar atît de bine legate. Din această cauză, ele se deformează ușor și uneori se pot rupe în două cu multă ușurință. Această rupere în două se numește fisiune. Deci, nuclee de uraniu și toriu sînt ușor fisionabile.



Această fisiune se poate produce de la sine, și în acest caz se numește „fisiune spontană", sau poate fi stimulată, atunci cînd nucleul este bombardat cu un neutron, și, în acest caz, se numește „fisiune indusă de neutroni".

— Deci, profesore, dacă bombardez nucleele de uraniu cu neutroni, ele se sparg în două, fisionează?

— Uraniu are doi izotopi mai importanți. Unul — uraniul — 235, care are o abundență de 0,7%, cînd este bombardat cu neutroni fisionează. Celălalt, uraniul 238, cu o abundență de 99,3%, cînd este bombardat cu neutroni îi captează și se transformă după

un timp în plutoniu, care este, la rîndul lui, un material fisionabil.

— Foloseşte la ceva fisiunea nucleară ?

— Foloseşte foarte mult. În momentul în care fisionează un nucleu de uraniu, thoriu sau plutoniu, se eliberează o cantitate foarte mare de energie, sub formă de energie cinetică a celor două bucăţi rezultate. Totodată, mai rămîn liberi doi sau trei neutroni care au şi ei o energie cinetică foarte mare.

— Deci, bombardînd uraniu cu neutroni, pot produce energie ?

— Da. Pentru fiecare nucleu care fisionează, se degajă o energie de circa $3{,}2 \cdot 10^{-11}$ jouli, care este transmisă mediului de către cele două bucăţi rezultate din fisiune, care prin ciocniri succesive, ca la biliard, fac să crească agitaţia moleculelor dimprejur, deci se transmit mediului sub formă de căldură.

— Începe să fie din ce în ce mai clar pentru mine : în reactorii nucleari, nucleele de uraniu...

— ... de uraniu — 235 ... completează profesorul.

— ... nucleele de uraniu — 235 sînt bombardate cu neutroni, ele fisionează şi produc energie, care se transmite în toată masa reactorului sub formă de căldură.

— Cam aşa stau lucrurile ! Or, cum se produc zeci de miliarde de miliarde de fisiuni pe secundă, şi fiecare fisiune degajă o cantitate de energie de ordinul a $3 \cdot 10^{-11}$ jouli, rezultă că în fiecare secundă se produc sute de milioane de jouli, ceea ce înseamnă sute de milioane de waţi sau, cum mai zicem noi, sute de megawaţi.

— Mai am totuşi o întrebare, profesore : fiecare fisiune înseamnă un neutron care a bombardat un nucleu. De unde luăm noi zeci de miliarde de miliarde de neutroni în fiecare secundă, ca să bombardăm cu ei nucleele de uraniu — 235 ?

— Acesta este miezul problemei, şi, acum, am ajuns să vorbim de reacţia în lanţ.

— Am mai auzit de reacţia în lanţ, ce este ea ?

— Îţi aminteşti că ţi-am spus că la fiecare fisiune se degajă 2 sau 3 neutroni ? Ei bine, dacă realizez condiţia ca, din aceşti doi sau trei neutroni, unul să lovească mai departe tot un nucleu de uraniu — 235, acesta va fisiona, va produce în continuare doi sau trei neutroni, din care unul va lovi mai departe un nucleu de uraniu — 235, care va fisiona şi va produce în continuare doi sau trei neutroni, din care unul va lovi mai departe un nucleu de uraniu — 235, care va fisiona şi va produce în continuare doi sau trei neutroni, din care...

— Opreşte-te, profesore, ai de gînd să mergi aşa la infinit ?

— Vezi, tu te-ai plictisit la numai trei sau patru trepte ale reacţiei în lanţ, dar în reactorul nuclear se produc zeci de mii de asemenea trepte într-o secundă, secundă după secundă, ore în şir, fără încetare pînă cînd în bucata de uraniu s-a consumat o bună parte din rezerva de atomi de uraniu — 235. Atunci, bucata de uraniu, „elementul de combustibil“, este scoasă şi înlocuită cu alta nouă, fără ca măcar să întrerup funcţionarea reactorului, cu o maşină specială care se numeşte maşină de încărcare şi descărcare a combustibilului nuclear.

— Profesore, ce se întîmplă cu ceilalţi neutroni produşi în fisiune ?

— Eu zic să nu mergem mai departe !

— Cum ? Tocmai acum cînd sînt pe punctul de a afla totul despre funcţionarea unui reactor nuclear ?

— Nu. Eu zic să nu mergem mai departe cu plimbarea noastră. Ne-am îndepărtat cam mult de casă şi în curînd se lasă înserarea. Sînt de părere să ne întoarcem, iar pe drumul spre casă mai lămurim cîteva lucruri.

— Repet întrebarea mea, profesore, reiau eu după ce am făcut stînga împrejur, la fiecare fisiune se produc doi sau trei neutroni. Unul va fi captat de uraniu — 235 pentru reacţia în lanţ. Ce se întîmplă cu ceilalţi unu sau doi ?

— Ei sînt absorbiţi de celelalte materiale

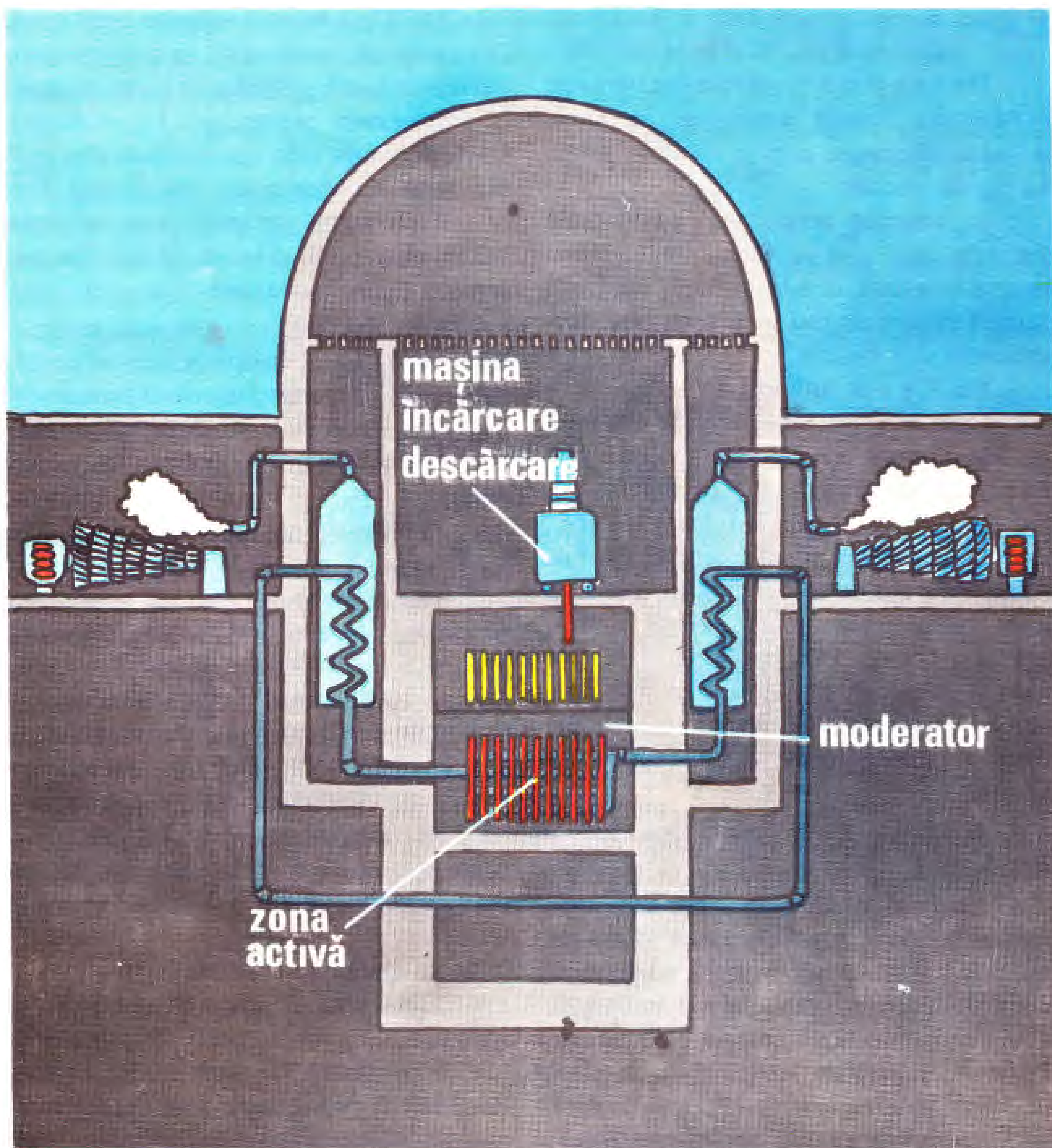
care fac parte din construcția reactorului și de moderator.

— Moderator ? Ce este moderatorul ?

— Iată că am ajuns și la jocul de biliard ! exclamă profesorul. Hai să vedem acum ce este moderatorul. Ți-amintești ce ți-am spus, că la fisiunea nucleelor de uraniu, pe lîngă cele două fragmente de nucleu, care apar și care se numesc „produși de fisiune", mai apar, ca niște schije, și doi sau trei neutroni care făceau parte din vechiul nucleu, și care acum nu-și mai găsesc loc în nici una din cele două bucăți.

— Acești neutroni sînt foarte energici, ai spus.

— Da, sînt foarte rapizi și de aceea au energie cinetică foarte mare. Tocmai aici este buba : ei fiind foarte rapizi, nucleele de uraniu — 235 nu vor să-i înghită și să fisioneze. Pe gustul nucleelor de uraniu — 235



sînt neutronii foarte lenți, care se mișcă cu viteze foarte mici. Pe aceștia le place nucleelor să-i înghită și imediat fisionează de plăcere.

— Și cum le servim nucleelor de uraniu — 235 neutroni lenți la tavă, cînd avem la dispoziție numai neutroni rapizi ?

— Îi încetinim, îi moderăm.

— Și cum îi încetinim ? Strigăm la ei „stai" ! ?

— Nu ! Jucînd biliard cu ei. Ai văzut, azi-dimineață, la jocul de biliard, cum o bilă în viteză ciocnește altă bilă și îi cedează energie, mișcîndu-se mai încet după ciocnire ?

— Da, uneori bila ciocnitoare se oprea pe loc, iar bila ciocnită pornea ca din pușcă, cu toată viteza pe care o avusese prima înainte de ciocnire.

— Ai observat corect. Așa se întîmplă cînd cele două bile au aceeași masă. Te-ai întrebat vreodată, ce s-ar întîmpla dacă bila ciocnită ar fi mult mai grea decît bila ciocnitoare ?

— Nu. Ce s-ar întîmpla ?

— Dacă bila care vine în viteză este mult mai ușoară decît bila care este ciocnită, bila ciocnitoare se va „reflecta" cu practic aceeași viteză pe care o avea mai înainte. Repet, deci : dacă o bilă în viteză ciocnește altă bilă care este tot atît de ușoară ca și ea, atunci ea poate pierde chiar toată energia dintr-o singură ciocnire. Dar dacă bila care este ciocnită este mult mai grea decît bila care vine cu viteză să se ciocnească, aceasta din urmă va pierde foarte puțină energie la ciocnire.

— Ai dreptate, profesore, așa se întîmplă.

— Acum să revenim la neutronii rapizi produși la fisiune. Dacă pe parcursul lor vor întîlni foarte mulți atomi ușori, poate chiar atomi de hidrogen, care sînt cei mai ușori, ei își vor pierde rapid energia prin ciocniri și vor deveni atît de lenți încît să le placă nucleelor de uraniu — 235 să-i înghită. Dacă vor întîlni numai nuclee grele, procesul de încetinire va fi foarte lent și le va trebui un timp foarte îndelungat pînă se vor termaliza.

— Termaliza ?

— Da, așa se numește fenomenul de încetinire, prin care neutronii ajung să aibă energia de agitație termică a moleculelor. Adică pînă vor ajunge să fie aruncați ici și colo de molecule, cum eram noi cînd am făcut excursia în paharul gol.

— Deci, pentru a termaliza neutronii, am nevoie de nuclee ușoare.

— Da. Deci, în reactor, acolo unde se află elementele de combustibil ce conțin uraniu, trebuie să se afle și substanțe cu atomi ușori, care se numesc moderatori. Un moderator foarte răspîndit este apa, care conține mult hidrogen. Alt moderator este beriliul. Carbonul sub formă de grafit este un foarte bun moderator. Dar poate cel mai bun moderator dintre toate este apa grea.

— Știu. Apa grea este apă care, în fiecare moleculă, în loc de hidrogen are izotopul său cu masa 2 și anume deuteriu. Formula chimică a apei grele este D_2O, nu e așa ?

— Bravo. Văd că ai învățat foarte bine lecția.

— De ce este apa grea atît de bună ca moderator ?

— Pentru că, atunci cînd moderează neutronii, nu-i înghite. Îi lasă pentru nucleele de uraniu — 235 să-i înghită ! Este ca un bucătar cinstit : cînd prepară mîncarea, nu fură din ea. Ceilalți moderatori, mai ales apa ușoară, H_2O, cam fură din mîncare atunci cînd o prepară. Captează neutroni în timp ce-i moderează, rămînînd prea puțini pentru a satisface pofta nucleelor de uraniu — 235 și pentru a menține reacția în lanț.

— Și atunci ce-i de făcut ?

— Ți-am spus că uraniul, așa cum se găsește în natură, are numai 0,72% din nuclee, cele de uraniu — 235 care produc fisiunea. Fiind atît de puțini, dacă vreau să construiesc reactori cu uraniu natural, atunci e musai

ca moderatorul să fie cinstit și să nu fure neutroni. Atunci numai apa grea poate fi folosită. Deci : uraniul natural cere moderator de apă grea pentru reactorul nuclear.

Nucleariștii au pus însă la punct metode de a „îmbogăți“ uraniul în izotopul 235 : adică să aibă, de exemplu, 10% U-235 și numai 90% U-238. Procedeul este costisitor, foarte costisitor, dar are un avantaj : poate folosi ca moderator apă ușoară, care este mult, mult mai ieftină decît apa grea. Deci : uraniul îmbogățit admite ca moderator apă ușoară.

— Care este mai avantajos ? Uraniul natural ieftin plus apă grea scumpă ? Sau uraniu îmbogățit, scump, plus apă ușoară ieftină ?

— Răspunsul nu este ușor de dat. Totuși voi încerca : pentru țările mari, industrializate, pare să fie mai avantajoasă soluția uraniu îmbogățit, apă ușoară ; iar pentru țări mai mici, care nu-și pot permite cheltuieli foarte mari, este mai avantajoasă soluția uraniu natural, apă grea.

— Profesore, mă simt foarte mîndru că acum știu ce este un reactor nuclear și cunosc atîtea detalii despre el.

— Mai sînt încă multe lucruri pe care oamenii trebuie să le știe despre reactorii nucleari, dar eu aș fi încîntat dacă tu ai înțeles aceste lucruri de bază. Lecturi ulterioare și cursul de fizică din liceu îți vor completa cunoștințele.

Ne apropiam de casă. Cînd am ajuns pe străzile orașului începea înserarea. Înserările acelea de neuitat ale vacanțelor de vară la Cîmpulungul Moldovei !

■

SĂRURILE BUCLUCAȘE

— Profesore, am auzit că uraniul este radioactiv. Ce poți să-mi spui despre radioactivitate ?

— Cred că ar trebui să începem povestea noastră cam din anul o mie opt sute nouăzeci și șase.

— Așa de veche este povestea radioactivității ?

— Da, cam așa de nouă : aproximativ un secol. În istoria omenirii, acesta este un interval foarte scurt de timp. Deci, sîntem la sfîrșitul secolului trecut într-un laborator de fizică din Paris. Domnul Henry Becquerel este foarte mulțumit. Toată ziua lucrase la determinarea proprietăților optice ale unor cristale și rezultatele erau satisfăcătoare. Va relua săptămîna viitoare o serie de măsurători. Pînă atunci, va avea un sfîrșit de săptămînă plăcut. Așa că, cu grijă de gospodar, face puțină rînduială pe masa de lucru. Spectrometrul trebuie acoperit cu husa neagră, plăcile fotografice frumos împachetate în două rînduri de hîrtie neagră vor fi așezate în sertar. Tot în sertar, deasupra plăcilor fotografice, va pune și acest pachețel cu săruri de uraniu, care fuseseră folosite astăzi la experimentări.

În săptămîna ce a urmat și-a continuat experimentările. A pus spectrometrul în funcțiune, a montat pe el o placă fotografică luată din teancul din sertar, a reglat



BECQUEREL

finețea spectrului și a făcut o fotografiere a lui. Trece fluierînd ușor în camera fotografică și efectuează toate operațiile necesare developării plăcii. Dar, stupoare ! Pe lîngă spectrul la care se aștepta, format din acele linii paralele, chiar pe mijlocul plăcii fotografice apare o pată neagră, diformă, ca și cum aceasta fusese voalată. „Uf, ce ghinion ! Cîtă muncă risipită degeaba ! Cei de la manufactura de plăci fotografice ar trebui să fie mai atenți cînd împachetează materialul fotografic. Poftim ce hîrtie au folosit la împachetat, de mi s-a voalat placa !“ — exclamă el înciudat. Reia experimentul. Deschide sertarul, ia cu grijă de sub pachețelul cu săruri de uraniu următoarea placă fotografică și înainte de a stinge lumina pentru a o monta în spectrometru verifică calitatea împachetării. Pachetul pare foarte bine făcut. Repetă operația și pleacă cu placa cea neagră în laboratorul foto. După developare, cînd se uită în lumina roșie, constată cu uimire totală că și această placă este impresionată, e drept cu o pată mai mică și mai slabă, dar care repetă cam aceeași formă geometrică ca prima. Ce se întîmpla ? Să aibă de-a face cu un lot de plăci stricate ? Repetă operația cu cea de a treia placă și constată că aceasta era aproape bună, avea o pată foarte mică, dar constată că această pată coincide cu zona în care pe celelalte plăci fusese înnegrirea cea mai intensă ! A patra placă a fost perfectă, sau aproape perfectă ! Acest incident i-a revenit în minte de cîteva ori în zilele ce au urmat și chiar se hotărîse să facă o observație producătorului cînd se va duce să cumpere următorul lot de material fotografic. După cîteva zile însă, cînd a mai făcut o fotografie la spectrometru, luînd următoarea plăcuță de sub pachețelul cu săruri de uraniu, găsește din nou acea pată neagră și diformă. Din nou, următoarele din ce în ce mai slabe. „Ce să fie oare ? Nu cumva, ele s-au impresionat din nou între timp, de la ultimele determinări ? Dar de la ce ? În sertar este perfect întuneric și numai acel pachețel inofensiv cu săruri de uraniu ?“ Și în acea clipă i-a străfulgerat prin minte o idee : nu cumva ele ? De cîte ori nu s-o mai fi întîmplat astfel în viață, ca o străfulgerare în mintea cuiva să influențeze atît de mult cursul istoriei ! ? Ceea ce a trecut prin mintea lui Becquerel atunci, a fost asemănarea formei pachețelului cu săruri de uraniu cu petele de pe plăcile fotografice. De aici încolo, a urmat o cercetare asiduă, în care fizicianul a încercat să se convingă. A pus pachețelul pe plăci fotografice în diverse poziții și a constatat că pata se modifica în funcție de această poziție. A ținut sărurile mai mult sau mai puțin pe placă și a constatat că intensitatea înnegririi depinde de timpul acesta de expunere. A pus între săruri și placă diverși absorbanți de diverse grosimi, cum ar fi cartoane, plăcuțe de metal și a constatat că înnegrirea se reduce cu creșterea grosimii absorbantului. Din toate aceste experimentări, H. Becquerel a tras concluzia că din sărurile de uraniu pornește ceva ca niște radiații, care nu se văd, dar care trec prin hîrtia neagră de protecție și impresionează ca și lumina placa fotografică. A tras de aici concluzia că sarea respectivă de uraniu nu

este inofensivă, cum crezuse la început, ci este activă, emițînd niște radiații necunoscute ce impresionează placa fotografică: este radioactivă.

„Am descoperit un fapt cu totul important“, anunța el la Academia Franceză în anul 1896. În anul 1903 căpăta Premiul Nobel pentru această descoperire, care se dovedise într-adevăr „cu totul importantă“. Henry Becquerel era fiul lui Edmond Becquerel, fizician cu lucrări importante în spectrometria optică, iar acesta era fiul lui Antoine Becquerel, tot fizician, care lucrase în domeniul pilelor electrice, electrochimiei și telegrafiei.

— Și pînă la urmă s-a stabilit ce sînt aceste radiații misterioase ?

— Lucrările lui Becquerel au stîrnit un interes foarte mare. Tocmai pe atunci, Maria Sklodovska, o poloneză de 29 de ani venită de la Varșovia să studieze chimia la Paris și care se căsătorise cu Pierre Curie, un foarte bun fizician francez, a început cu soțul ei să studieze compușii și minereurile de uraniu și a reușit să separe din ele și alte elemente, pînă atunci necunoscute, pe care le-a numit Poloniu și Radiu.

Aceste elemente erau mult mai radioactive decît uraniul. Odată descoperite aceste substanțe intens radioactive, fizicienii au început să studieze proprietățile fasciculelor de radiații emise de ele. Dacă se pune sursa de radiu într-o bucată de plumb gros de cîțiva centimetri, în care se face o gaură mică rotundă, iar în dreptul ei se pune o placă fotografică, pata de pe placă reproduce forma găurii. O primă concluzie: radiațiile se propagă în linie dreaptă.

Dacă perpendicular pe acest fascicul se instalează un magnet foarte puternic, pe placa fotografică vor apărea 3 pete în loc de una.

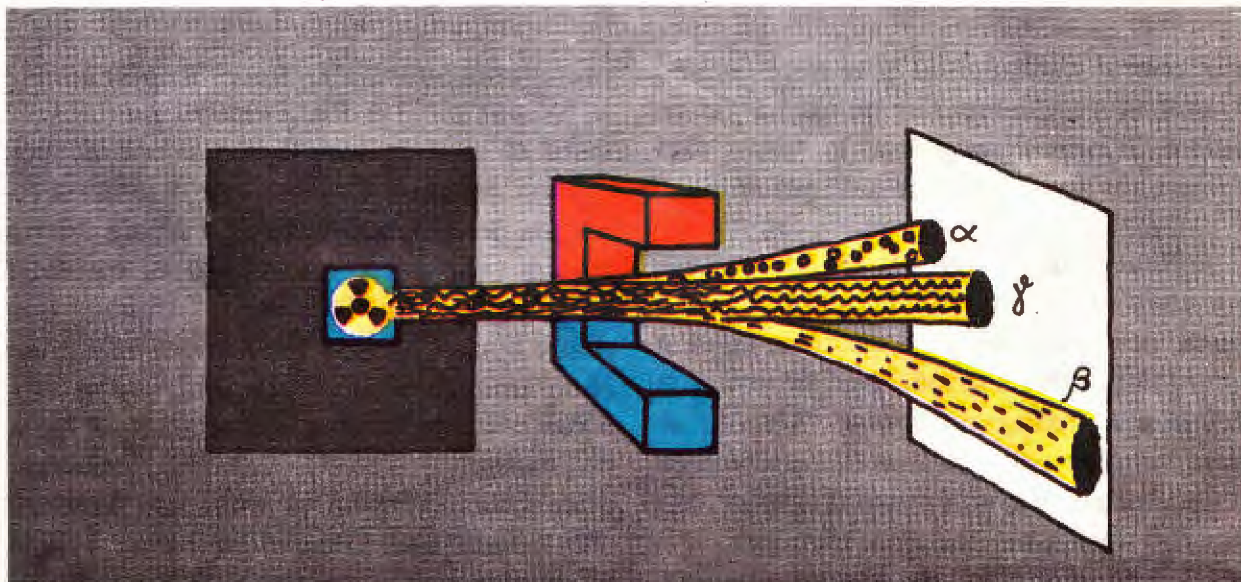
Prima, care a căpătat numele de radiație alfa, este ușor deviată într-o parte, să zicem stînga.

A doua, este puternic deviată în dreapta. Aceasta a căpătat denumirea de radiație beta.

A treia nu este deviată deloc. Aceasta provine de la radiația gama.

Cercetările au arătat că radiația alfa este un fascicul de particule grele și încărcate cu electricitate pozitivă. De fapt particulele alfa sînt nuclee de heliu, adică doi protoni și doi neutroni puternic legați între ei.

Radiația beta este formată din niște electroni, iar radiația gama, ți-am mai povestit, face parte din familia undelor electromag-



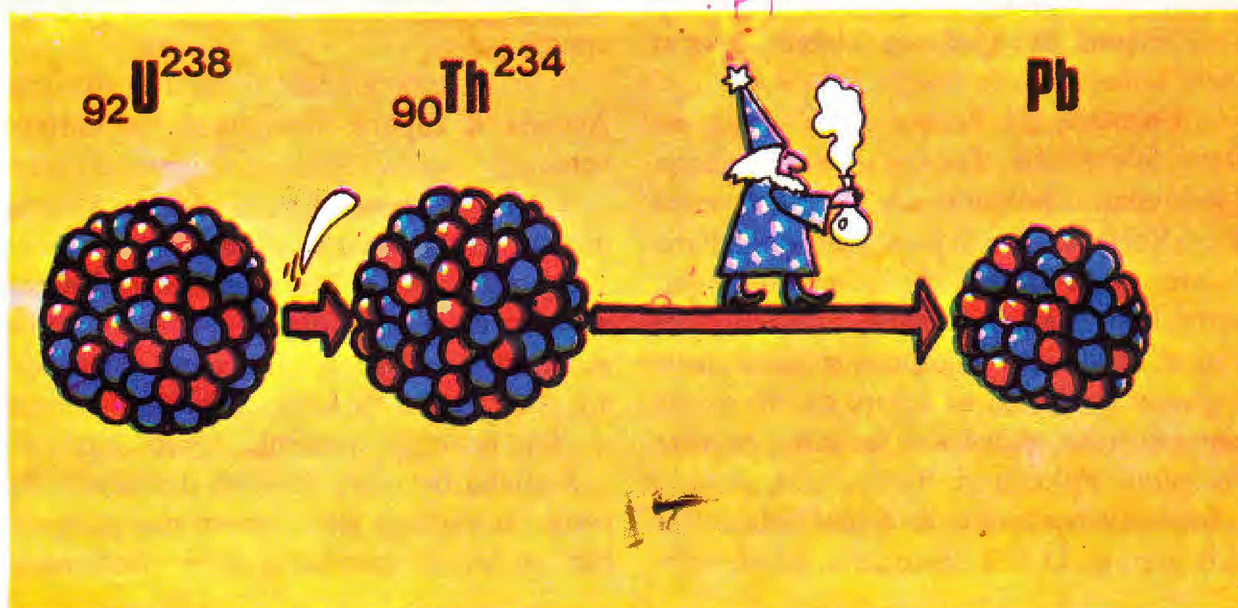
netice, ca și lumina și razele X, dar cu lungimea de undă mult mai mică.

— Și cine emite aceste radiații, profesore ?

— Ele sînt emise de către nucleele atomilor respectivi. Ți-am povestit că nucleele grele sînt cam instabile, mai ales că au atîția protoni care se resping între ei. La un moment dat, nucleul simte că s-ar stabiliza mai bine dacă ar emite un nucleu de heliu din el, adică o particulă alfa. Și o emite cu o anumită energie. Neutronii și protonii rămași caută să se rearanjeze pe orbitele lor, căci în interiorul nucleului au și ei niște orbite ; în această rearanjare s-ar putea să fie un neutron în plus și un proton în minus, față de o situație bună. Știi ce se întîmplă atunci ?

— Ce ?

— Neutronul se transformă într-un proton, emițînd un electron în afară. În felul acesta, prin emiterea unui electron, adică a unei radiații beta, a dispărut un neutron din nucleu și a apărut un proton. Uneori, se poate întîmpla ca un proton să fie nevoit să se transforme într-un neutron. Atunci este emis din nucleu un pozitron, care este ca și un electron numai că are sarcină pozitivă.



— Din ceea ce mi-ai povestit, am înțeles că, prin aceste dezintegrări, un nucleu se poate transforma în alt nucleu.

— Da, ai înțeles bine ! De exemplu, dacă un nucleu de $_{92}U^{238}$ emite o particulă alfa, după emisie, nucleul respectiv va avea 90 de protoni și numai 144 de neutroni, deci va fi un izotop al thoriului $_{90}Th^{234}$, care la rîndul său este beta activ și se transformă în $_{91}Pa^{234}$, acesta în $_{92}U^{234}$, care la rîndul său este alfa activ și trece în $_{90}Th^{230}$, care tot prin dezintegrare alfa trece în $_{88}Ra^{226}$, care tot prin dezintegrare alfa trece în $_{86}Radon^{224}$ și tot așa pînă la Pb. Plumbul este atît de stabil că seria de dezintegrări se oprește aici.

Cînd au ajuns să cunoască bine acest fenomen de radioactivitate și să separe diferiți izotopi radioactivi, cercetătorii au constatat un lucru foarte interesant. Anume, unii dintre izotopi păstrau intensitatea radiațiilor ce le emiteau relativ constantă, dar la alții aceasta scădea în mod spectaculos. Să luăm un exemplu. Izotopul $_{90}Th^{234}$ emite radiații beta. Să zicem că astăzi am numărat cîte radiații beta emite o probă de Th-234 și am constatat că sînt 1 200 de particule

beta pe minut. Dacă peste cîteva zile număr din nou cîte particule beta se emit pe minut, constat că sînt mai puține, iar exact peste 24 de zile şi 12 ore constat că emite numai 600 de particule beta pe minut.

— S-a înjumătățit intensitatea de radiație beta emisă !

— Da. Numesc timpul acesta de 24,5 zile, timpul de înjumătățire al $_{90}Th^{234}$. Izotopul radioactiv în care trece el, $_{91}Pa^{234}$, are un timp de înjumătățire de numai 1,14 minute ! Uraniul — 234 în care trece protactiniul — 234 se transformă prin dezintegrare beta. El va emite particule beta cu timp de înjumătățire de cît crezi ? De circa 1 milion de ani ! Iată deci că izotopii radioactivi emit radiații şi se transformă în alți izotopi, cu timpi de înjumătățire extraordinar de diferiți. Acest lucru depinde de cît de stabilă este configurația de protoni şi neutroni după precedenta dezintegrare.

— Profesore, s-au găsit utilizări la aceşti izotopi radioactivi ?

— Bineînțeles ! Nenumărate. Mintea omenească născoceşte încontinuu fel şi fel de metode, folosind fenomenele pe care le-a descoperit. Nu s-ar fi putut întîmpla altfel cu radioactivitatea. Îți voi da un exemplu : trasorii radioactivi.

Să zicem că un grup de speologi cercetează o peşteră. În interiorul ei a descoperit un şuvoi mare de apă, care vine de undeva dintr-o grotă, şi, după ce curge prin peşteră cîteva zeci de metri, este înghițit sub stînci. Unde s-a dus ? Unde va reapărea la suprafață ? Speologii noştri, cunoscînd metoda trasorilor radioactivi, vor arunca în şuvoiul de apă o substanță radioactivă. Vor colecta apoi la suprafață, din toate izvoarele din vecinătate probe de apă, pe care le vor pune sub un „contor de radiații“, care este un dispozitiv capabil să detecteze prezența radiațiilor alfa, beta sau gama. Proba care va arăta prezența radiațiilor va indica unde iese la suprafață şuvoiul dispărut în peşteră.

În felul acesta se urmăresc traseele subterane ale multor cursuri de apă.



— Nici nu trebuie să-mi mai dai şi alte exemple, căci realizez singur că radioactivitatea este un fenomen ce poate avea multiple aplicații.

REACȚII NUCLEARE

A pleca din Cîmpulung pentru o excursie pe Rarău, mai ales atunci cînd vrei să bați distanța cu piciorul, este treabă de o zi bună și e bine să o faci către sfîrșitul vacanței, cînd ești deja obișnuit cu drumurile de munte. Cei paisprezece kilometri pînă la cabană pun la încercare serios rezistența temerarilor drumeți, atunci cînd îți propui să-i parcurgi dus și întors în aceeași zi. Tata a propus o soluție de compromis : vom urca astăzi dimineață, vom dormi la cabană o noapte și ne vom întoarce mîine după-masă. Care dintre noi nu se simte în stare să facă drumul pe jos va lua „Trenul veseliei", un vehicul nostim, improvizat ad hoc dintr-un tractor și cîteva remorci sub formă de vagoane, decorat cu desene vesele de vacanță, ca la cele de pe litoral. Mama și sora mea, împreună cu gazdele, s-au înscris în acest mod mai puțin eroic de a ataca muntele Rarău ; așa că temerarii am rămas tata, profesorul și cu mine. Am luat încă de cu dimineața drumul în primire.

Se anunța o zi frumoasă. Cerul era perfect senin și nu adia nici un vînt. Era o dimineață umedă și luminoasă. Aburii de vată se întindeau leneși peste pășuni și se îmbibau în fînul întins pe prepelegi la uscat. Voi păstra totdeauna în suflet, ca pe niște imagini de neuitat, scenele ce ni se dezvăluiau în fața ochilor în acea dimineață.

Dulce Bucovină
Veselă grădină

îmi murmurau în minte versurile poetului.

Mergeam în tăcere toți trei. Frumusețea maiestuoasă a peisajului ne luase graiul. Abia mai tîrziu, cînd drumul și-a început urcușul sub protecția umbroasă a pădurii, am schimbat primele cuvinte. Și cred că nu mai este o surpriză pentru cititor că discuția a alunecat tot spre fizică.

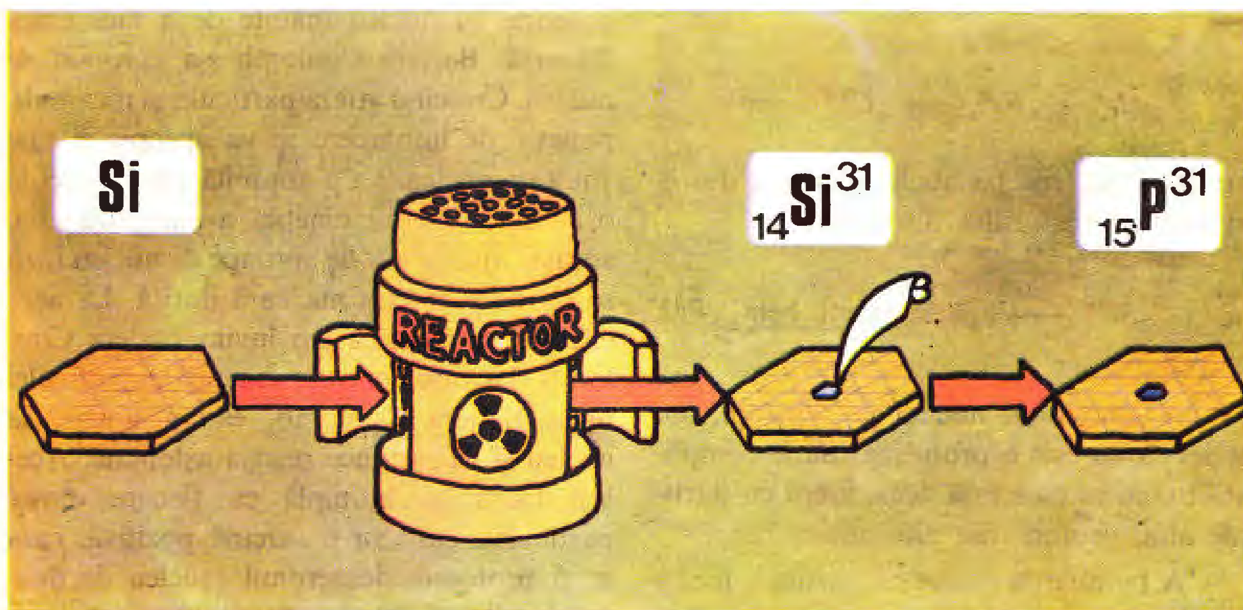
— Din cele ce mi-ai spus pînă acum, am început eu discuția, am dedus că dacă bombardăm unele nuclee cu neutroni, ele „fisionează", adică se rup în două nuclee mai mici. La fel izotopii rdioactivi, emițînd particule alfa sau beta, se transformă unul într-altul. De exemplu, uraniul se transformă în thoriu, thoriul în radiu și așa mai departe. Întrebarea mea, profesore, este următoarea : a reușit omul într-adevăr să transforme elementele unele în altele schimbînd nucleele atomilor, deci și atomii unii în alții ?

— Nu așa cum doreau alchimiștii în vremuri de mult trecute să schimbe o substanță în alta. Dar așa-numite „transmutații atomice" s-au făcut.

Îți voi da un exemplu. Pentru a realiza anumite diode și tranzistori, este necesar ca materia primă să fie niște cristale de siliciu în care să se plaseze ca impuritate în toată masa atomi de fosfor. Procedeul de a amesteca atomi de siliciu cu atomi de fosfor, în proporție necesară și într-un cristal gata făcut, era extrem de dificil. Pînă cînd unui fizician i-a venit ideea următoare : să se realizeze un cristal de siliciu pur, iar apoi să se încerce transformarea unora din atomii de siliciu în atomi de fosfor.

— Cum se putea face această transmutare ?

— Simplu. Prin introducerea cristalului de siliciu într-un reactor nuclear. Acolo existînd foarte mulți neutroni care circulă de colo pînă colo, unii dintre acești neutroni



vor fi absorbiţi de nuclee ale atomilor de siliciu. Înghiţind un neutron, nucleele de siliciu se vor transforma într-un izotop $_{14}Si^{31}$, care este beta activ cu timpul de înjumătăţire de 2,6 ore, care deci se va transforma imediat în izotopul de fosfor $_{15}P^{31}$. În felul acesta am reuşit să transformăm siliciul în fosfor şi nu numai atît, ci şi foarte bine plasat acolo unde trebuie în interiorul cristalului de siliciu.

— Deci, totuşi, visul alchimiştilor s-a realizat !

— Într-o oarecare măsură, da !

— Numai cu neutroni pot realiza asemenea schimbări ?

— Nu numai cu neutroni. Pot bombarda nuclee cu protoni, cu particule alfa sau chiar cu alte nuclee, obţinînd rezultate foarte spectaculoase. Tu ştii că în chimie se pot realiza reacţii prin combinarea a două substanţe şi obţinerea de noi substanţe. Tot aşa, combinînd două nuclee, se pot obţine alte noi nuclee. Acestea se numesc reacţii nucleare. Ele se scriu ca şi reacţiile chimice :
substanţa 1 + substanţa 2 = substanţa 3 + + substanţa 4 + altele
numai că la reacţiile nucleare, formula se scrie :
nucleul sau particula 1 + nucleul 2 = nucleul 3 + nucleul sau particula 4 + altele.

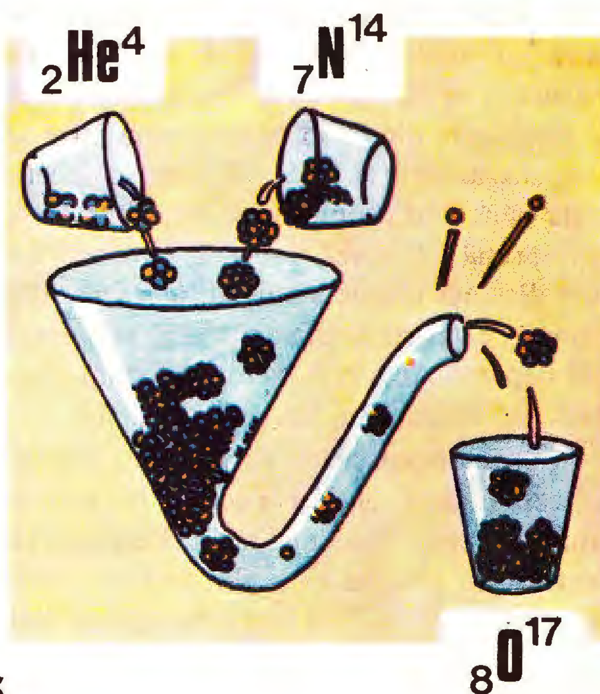
Şi profesorul scoase din buzunar nelipsitul său carnet şi îmi scrise pe el cîteva reacţii.

— Într-o reacţie produsă cu particule alfa ($_2He^4$)



$$_{2}He^{4} + {}_{7}N^{14} \longrightarrow {}_{8}O^{17} + {}_{1}p^{1}$$

adică o particulă alfa ce bombardează un nucleu al izotopului 14 al azotului duce la realizarea izotopului 17 al oxigenului şi un proton care este expulzat.

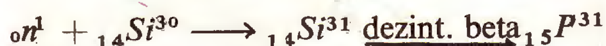


Sau



$$_2He^4 + {}_4Be^9 \longrightarrow {}_6C^{12} + {}_0n^1$$

sau, în sfîrşit, reacţia nucleară care a dus la producerea fosforului din siliciu



$$_0n^1 + {}_{14}Si^{30} \longrightarrow {}_{14}Si^{31} \xrightarrow{\text{dezint. beta}} {}_{15}P^{31}$$

— A bombarda nuclee cu neutroni, am înţeles că nu este o problemă foarte complicată ; cum se face însă acest lucru cu particule alfa, protoni sau alte nuclee ?

— A bombarda nuclee cu particule încărcate electric, cum sînt protonii sau particulele alfa, este o problemă puţin mai complicată. Neutronul, neavînd sarcină, se poate apropia de nucleu pînă este captat sau se ciocneşte de el şi este respins. Totul este să ajungă unul lîngă altul.

Pentru ca o particulă alfa să producă o reacţie nucleară, ea trebuie să ajungă pînă la nucleu. Or, aici este problema : ea fiind încărcată cu sarcină electrică pozitivă ca şi nucleul, între ea şi acesta va exista o forţă de respingere, care este, după legea lui Coulomb, direct proporţională cu produsul sarcinilor şi invers proporţională cu pătratul distanţei.

Să zicem că o particulă alfa se îndreaptă către un nucleu cu o viteză oarecare. Pe măsură ce se apropie de acesta, simte o forţă de respingere din ce în ce mai mare, care se opune avansării ei. Această forţă o încetineşte pînă cînd o opreşte pe loc, după care, îi imprimă o viteză în sens contrar. La acea distanţă la care s-a oprit, particula alfa a simţit ca o barieră care i-a interzis să meargă mai departe. Acestei bariere, de natură electrică, îi zicem noi bariera Coulomb.

Să presupunem acum că particula alfa se îndreaptă către acelaşi nucleu, pe acelaşi drum, dar cu o viteză mai mare. Respingerea electrică va încetini şi acum particula, dar ea, avînd o viteză mai mare, va ajunge mai aproape de nucleu înainte de a face calea întoarsă. Bariera Coulomb s-a apropiat de nucleu. Crescînd viteza particulei şi mai mult, punctul de întoarcere se va apropia şi mai mult de nucleu. La o anumită viteză, deci la o anumită energie cinetică a particulei alfa, aceasta ajunge atît de aproape de nucleu încît se produce reacţia nucleară dorită. La acea energie, spunem că am învins bariera Coulomb. La orice energie cinetică a particulei peste bariera Coulomb, ea va ajunge la nucleu şi va produce reacţia aşteptată. Acelaşi lucru se întîmplă cu fiecare dintre particulele care au o sarcină pozitivă, cum ar fi protonul, deuteronul (nucleu de deuteriu), tritonul (nucleu de tritiu) şi toţi ionii mai grei decît particulele alfa.

— Ce-s aceia ioni, profesore ?

— Un ion pozitiv, de exemplu, este un atom căruia îi lipseşte unul sau mai mulţi electroni de pe orbită. Cum atomii sînt neutri din punct de vedere al sarcinii, lipsindu-le una sau mai multe sarcini negative înseamnă că ei rămîn cu una sau mai multe sarcini pozitive.

— Deci, dacă vrem să producem o reacţie nucleară cu o particulă încărcată pozitiv, trebuie să imprimăm acesteia o energie cinetică peste bariera Coulomb, aşa este ?

— În linii mari, aşa este !

— Şi cît este această energie Coulomb ?

— Depinde de ce proiectil folosesc şi pe ce ţintă. De exemplu, particula alfa bombardînd un nucleu de beriliu are o barieră de 4,1 MeV, iar cînd bombardează un nucleu de uraniu întîmpină o barieră Coulomb de 30,3 MeV.

— Am mai întîlnit prin cărţi energia exprimată în MeV şi nu în jouli. Ce este un MeV ?

— Se obişnuieşte ca atunci cînd e vorba de particule nucleare să se exprime energia lor în electron-volt sau prescurtat eV şi reprezintă energia cinetică pe care o capătă un electron atunci cînd este accelerat de doi electrozi, între care se află diferenţa de po-

tențial de un volt. Dacă între două plăci aflate în vid, se aplică o diferență de potențial de un milion de electronvolți, un electron care s-ar afla în repaus în vecinătatea plăcii negative va fi atras în mod continuu de placa pozitivă atingînd atunci, cînd cade pe ea, o energie cinetică de 1 megaelectronvolt, adică de 1 MeV. Exprimată în jouli, această energie este :

$$1\ MeV = 1{,}6012.\ 10^{-13}\ jouli.$$

. . . .

Drumul urca în serpentină prin pădure, din loc în loc, cînd frunzişul de deasupra noastră se mai rărea, zăream în cenuşiu închis muchii semețe de piatră. Cabana era încă departe, dar drumul, pentru că nu foloseam scurtăturile, era nu prea dificil.

— Cum reuşim să imprimăm particulelor energii peste bariera Coulomb ?

— Cu ajutorul acceleratorilor.

— Ce este un accelerator ?

— Pariez că te-ai jucat în viața ta cel puțin o dată cu un accelerator, îmi spuse zîmbind profesorul.

— Nu-mi amintesc să-i fi cumpărat vreodată un accelerator ! intervine tata. De fapt, nici nu ştiu cum arată.

— Te-ai jucat vreodată cu o praştie ? face profesorul pe exasperatul.

— Ba bine că nu ! Şi acum am una foarte bună aici la Cîmpulung.

— Ei bine, praştia este un accelerator de particule ! exclamă el satisfăcut.

— Ai dreptate, cu praştia accelerăm o piatră, imprimîndu-i o anumită energie cinetică, în funcție de cît de tare am întins cauciucul, spune tata intrînd în joc.

— Hai să descriem pe îndelete procesul de accelerare care are loc într-o praştie : pun piatra în piele, o apuc cu mîna stîngă şi întind cu mîna dreaptă elasticul de cauciuc efectuînd un lucru mecanic. Acest lucru mecanic s-a acumulat în piatră sub formă de energie potențială. Eliberînd piatra, energia potențială se transformă treptat în energie cinetică, iar cînd aceasta părăseşte praştia are energia cinetică maximă, care este egală cu energia potențială a pietrei, deci cu lucrul mecanic de întindere a elasticului.

— Nici nu ştiam că e atîta fizică în joaca mea cu praştia !

— Cînd eram eu copil, începe tata să povestească, ne făceam praştie dintr-o bucată de piele şi două sfori. Țineam capetele sforilor între degetele de la o mînă şi învîrteam piatra deasupra capului, pînă căpăta o viteză foarte mare. Cînd îi dădeam drumul, se ducea ca din puşcă. Aflați voi, că praştia aia era mai bună : cu cît era piatra mai grea cu atît mai departe se ducea. La asta cu zgîrci, cînd piatra e mai grea, capătă o viteză mai mică.

— Praştia descrisă de dumneata este un accelerator circular de particule, pe cînd praştia cu zgîrci este un accelerator liniar de particule. În prima, particula se roteşte în timp ce se accelerează ; în a doua, particula descrie o traiectorie rectilinie.

— Dar să ştii, tată, că nu ai dreptate. Praştia cu zgîrci poate accelera şi pietre mai mari. N-am decît să întind zgîrciul mai mult !

— Dacă vrei, să facem un concurs, răspunde tata. Eu îmi fac o praştie cu sfoară şi tu vii cu a ta. Luăm două pietre mai măricele, cam de o jumătate de kilogram, şi le aruncăm fiecare cu acceleratorul lui. Să vedem cine aruncă proiectilul mai departe !

— Cred că nu e nevoie să faceți concursul ! Vă spun eu că praştia cu sfoară va cîştiga şi încă de departe !

— De ce, profesore ?

— Păi, hai să analizăm : întinzînd zgîrciul la praştia ta, tu efectuezi un anumit lucru mecanic, care este acelaşi indiferent ce piatră ai pus tu în praştie. Acest lucru mecanic depinde de tăria zgîrciului, de cît de lungi sînt brațele sale şi de abia la sfîrşit de cît de tare poți tu întinde. Energia cinetică a pietrei,

care este $mv^2/2$, va fi aceeaşi, egală cu lucrul mecanic, indiferent de masa pietrei. Cînd masa pietrei va fi mai mare, viteza ei va fi mică, deci va cădea mult mai aproape. La praştia cu sfoară, tatăl tău o va roti în jurul capului cu aceeaşi viteză, indiferent dacă are o jumătate de kilogram sau cincizeci de grame. Diferenţa de efort este neînsemnată. Indiferent de masa ei, piatra va pleca din praştie cînd a atins o anumită viteză, dar cea cu masă mai mare va avea energia cinetică mai mare, ceea ce îi va permite să învingă frecarea aerului pe o distanţă mai mare şi se va duce mult mai departe. De fapt, praştia cu sfoară este cunoscută de mii de ani şi a fost folosită şi ca armă de luptă.

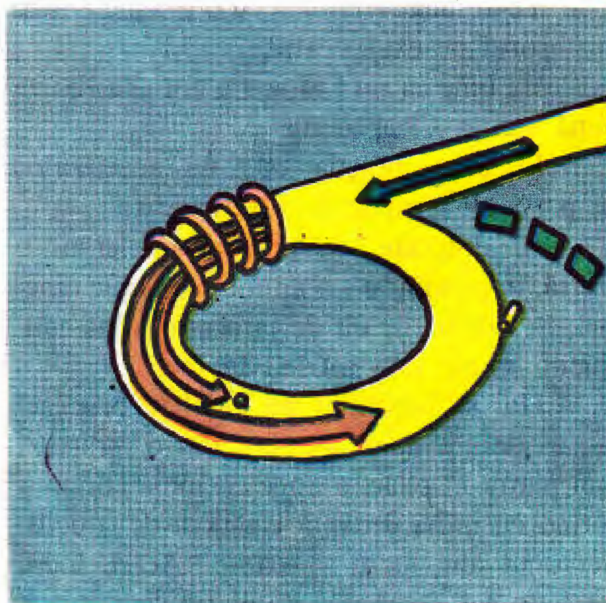
— De fapt, profesore, noi ne-am depărtat de la subiectul nostru.

— Nu ne-am îndepărtat prea mult. Voi m-aţi întrebat cum putem accelera particulele pentru a produce reacţii nucleare, iar eu v-am spus că putem face aceasta cu acceleratorii de particule. Ei bine, aceşti acceleratori de particule sînt de două feluri : acceleratori liniari şi acceleratori circulari, ca şi praştiile. Ei folosesc cam acelaşi principiu. În cazul acceleratorilor liniari, particula încărcată este atrasă de-a lungul unui tub de către un cîmp electric, exact cum face zgîrciul în cazul praştiei ; cînd particula a ajuns în dreptul electrodului încărcat electric, ea are energia cinetică maximă, aşa precum la praştie cînd piatra ajunge în dreptul crăcanului pe care îl ţin cu mîna stîngă.

În acceleratorul circular, particula se roteşte descriind traiectorii circulare. În praştie, ea este ţinută pe cerc de către sfoară, ca forţă centripetă, iar viteza ei pe traiectorie îi conferă o forţă centrifugă. Viteza particulei creşte cînd mîna este zvîcnită din cînd în cînd. La acceleratorul circular de particule încărcate, aceasta este ţinută pe traiectorie circulară de către un cîmp magnetic, care îi imprimă forţa centripetă. Viteza ei pe traiectorie îi impune o forţă centrifugă, care se egalează cu cea centripetă, iar creşterea de energie se face cu nişte zvîcniri periodice de cîmp electric. Acesta este principiul de funcţionare al ciclotronului, de pildă, pe care îl vei învăţa în detaliu la şcoală.

Acceleratorii liniari şi circulari s-au dezvoltat foarte mult în ultimele decenii ajungînd să accelereze particule la energii incredibile. Cu energiile care se obţin la aceşti acceleratori, nu numai că s-au produs reacţii nucleare, dar s-a reuşit să se „pulverizeze“





pur şi simplu nuclee, sau să se accelereze nuclee de uraniu peste bariera Coulomb, care să producă reacţii pe nuclee de uraniu. Mulţi alţi acceleratori sînt folosiţi pentru a urmări fenomene mult mai complicate, cum ar fi formarea de particule nucleare şi comportarea lor la viteze foarte aproape de viteza luminii. Există o fizică a energiilor înalte şi a particulelor nucleare, în care realizîndu-se experimente în condiţii extreme de energie reuşim să înţelegem fenomene legate de formarea universului şi să ne explicăm anumite comportări ale unor corpuri cereşti, pe care pînă acum nici nu visam să ni le explicăm. Iată cum de la fizică ajungem la astrofizică şi sfera cunoaşterii noastre începe să pătrundă tot mai adînc în timp şi în spaţiu.

Ne apropiam de cabană. Aici nu mai era soarele strălucitor pe care l-am avut jos la plecare. O ceaţă semitransparentă şi învolburată dădea o lumină stranie, care venea parcă din toate părţile, dar care se schimba de la o clipă la alta. Din cînd în cînd, se întrezărea globul palid al Soarelui, ceea ce ne făcea să credem că în curînd se va însenina.

Tata a intrat în cabană, a reţinut locurile pentru cazarea întregii echipe, s-a întreţinut cu cabanierul privind timpul probabil şi ne-a anunţat foarte optimist că după ce ne vom lua micul dejun va fi cer senin şi vom putea face o incursiune pînă sus la Pietrele Doamnei şi înapoi, înainte ca doamnele noastre să vină cu „Trenul veseliei“.

■

FRONTIERA DE JOS: PARTICULELE

— Profesore, ieri mi-ai vorbit despre acceleratori şi particule nucleare. Sînt aceste particule, precum neutronul, protonul şi electronul, ultimele cărămizi din care este construită toată materia ?

Această întrebare o puneam fizicianului în ziua următoare, cînd coboram pe drumul pe care îl urcasem cu o zi înainte. Tata, împreună cu restul echipei, urma să ia „Trenul veseliei“ care pleca la două ore după noi. Profesorul mi-a făcut invitaţia să-l însoţesc, iar eu am primit cu bucurie, mai ales că intrasem într-un fel de panică. Peste cîteva zile vacanţa la Cîmpulung se încheia, iar eu mai aveam încă atîtea de întrebat !

— Eu zic să facem un rezumat al discuţiilor noastre de pînă acum, zise profesorul scoţînd din buzunar nelipsitul său carnet şi ciotul de creion. La întrebarea ta, din ce este alcătuită substanţa, eu te-am plimbat prin lumea moleculelor. Am coborît deci la nivelul moleculelor.

Şi profesorul a scris pe carnet cu litere mari :

MOLECULE : $10^{-6} - 10^{-9}$ *m*

împreună cu dimensiunile lor.

M-ai întrebat în continuare din ce sînt făcute moleculele şi ţi-am răspuns că din atomi. Hai să-i scriem şi pe ei împreună cu dimensiunile lor :

ATOMI : $10^{-10} - 10^{-9}$ *m.*

structură micro	moleculă	atom	nucleu atomic	proton neutron	cuarc
	$10^{-9}-10^{-6}$	$10^{-10}-10^{-9}$	$10^{-15}-10^{-14}$	10^{-15}	10^{-15}

Vechii greci spuneau că aceştia sînt cărămizile indivizibile ale materiei. Noi nu ne-am oprit aici şi, la întrebarea ta din ce sînt făcuţi atomii, eu ţi-am răspuns că din nuclee foarte mici şi pozitive, în jurul cărora se rotesc electroni. Deci, hai să scriem şi nucleele cu dimensiunile lor, ca treaptă următoare în structura materiei :

NUCLEE : $10^{-15} - 10^{-14}$ *m.*

Tu nu m-ai mai întrebat, dar eu ţi-am spus că şi nucleele au o structură. Ele sînt formate din particule, precum protonul şi neutronul. Deci, hai să le scriem şi pe ele :

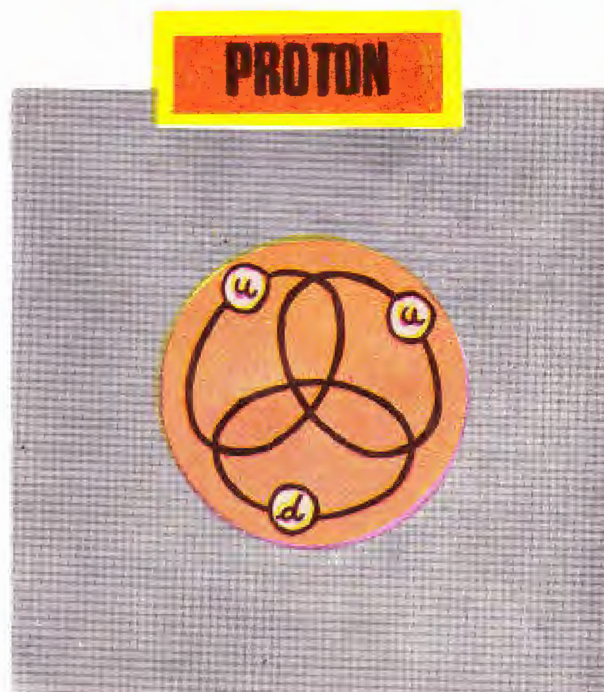
PARTICULE : 10^{-15} *m.*

Există o întreagă fizică a particulelor, care se ocupă cu aceşti constituenţi fundamentali ai materiei. Această fizică se mai numeşte şi fizica energiilor înalte, aşa cum ţi-am mai spus şi ieri, pentru că aceste particule sînt studiate cu ajutorul unor acceleratoare la energii foarte înalte. Cînd eram eu student, acum cîteva decenii, aceste particule se numeau „particule elementare“, sugerîndu-se cumva că ele ar fi constituit diviziunea ultimă a materiei. Fizicienii au devenit mai prudenţi între timp şi bine au făcut, pentru că iată că acum unele din aceste particule, precum protonul, neutronul şi încă altele, au o structură şi anume sînt formate din nişte subparticule, numite quarci. Hai deci să mai facem un pas în structura materiei şi să scriem :

QUARCI : ? 10^{-15} *m.*

— Iată deci că şi protonul şi neutronul au o structură. Spune-mi ceva mai mult despre aceşti quarci, profesore !

— Nu a fost observat pînă acum nici un quark izolat. Se pare că ei nu pot exista decît în interiorul hadronilor, care sînt particule nucleare grele, cum sînt protonul,





neutronul şi încă altele. Din familia hadronilor fac parte unele particule care se numesc barioni. Fiecare barion este alcătuit din trei quarci. Există cinci sau şase feluri de quarci, din care doi îi descriu acum pentru că ei fac parte din structura protonilor şi neutronilor.

Există un quark „u“ (de la up, care în limba engleză înseamnă „în sus“). Acesta are masa cam o treime de unitate atomică, iar sarcina electrică pozitivă şi egală cu 2/3 din sarcina protonului.

Quark-ul „d“ (down : „în jos“) are masa ca şi quark-ul „u“, iar sarcina este negativă şi egală cu 1/3 din sarcina electronului.

Şi acum să analizăm structura protonului şi a neutronului. Protonul este format din doi quarci „u“ şi un quark „d“.

Sarcina protonului :

$$+\frac{2}{3}+\frac{2}{3}-\frac{1}{3}=+1$$

masa protonului :

$$\frac{1}{3}+\frac{1}{3}+\frac{1}{3}=1\ u.a.m.$$

Neutronul este format dintr-un quark „u“ şi doi quarci „d“.

Sarcina neutronului :

$$+\frac{2}{3}-\frac{1}{3}-\frac{1}{3}=0$$

masa neutronului :

$$\frac{1}{3}+\frac{1}{3}+\frac{1}{3}=1\ u.a.m.$$

În fizica particulelor mai există şi alţi barioni, care sînt alte combinaţii de trei quarci din cei cinci sau şase existenţi. De asemenea există şi o serie de hadroni, care sînt combinaţii de quarci, dar nu neapărat 3. De exemplu, un quark şi un antiquark formează un mezon.

— Ce este antiquark-ul ?

— Este un quark făcut din antimaterie. Dar, ştii ce ? Hai să nu mai vorbim acum şi despre antimaterie, că riscăm să ne rătăcim prin pădure.

— Te rog să-mi răspunzi, profesore, la următoarea întrebare : din ce sînt făcuţi quarcii ?

— Dragul meu, zise profesorul oprindu-se în loc şi ridicînd mîinile în sus, mă predau ! Limitele cunoştinţelor mele se opresc aici ! Poate că tu, peste treizeci, patruzeci de ani, cînd vei face o excursie pe Rarău ca cea de azi, însoţit de un tînăr cum eşti tu azi, să poţi răspunde la această întrebare, şi, atunci, mai adaugi o treaptă sau, cine ştie, poate două la cele scrise de mine în acest carnet.

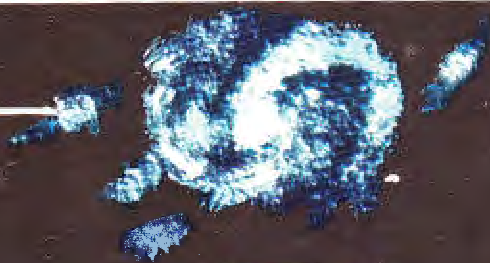
Şi se bătu cu palma peste buzunarul de la piept.

În ceea ce ne priveşte, ne aflăm acum la una din cele două frontiere ale fizicii, şi anume la frontiera microcosmică.

— Mai există deci o frontieră ?

— Da, mai există frontiera macrocosmică. Şi, aşezîndu-se pe un buştean, scoase cu gesturi tacticoase din nou carnetul său, îl

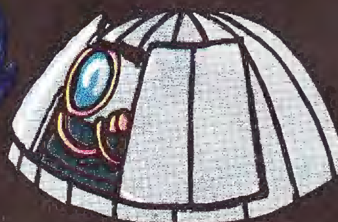
10^{24}





10^{13}





10^{6}





10^{0}







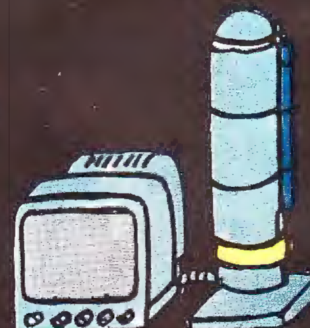
10^{-3}





10^{-5}



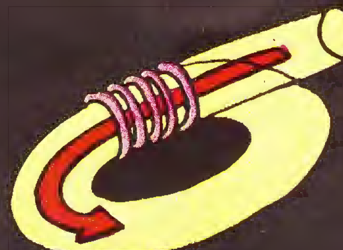


10^{-10}



10^{-15}





10^{-15}



deschise acolo unde mai avea două pagini goale față în față, trase o dungă orizontală lungă cît cele două pagini și pe ea a început să scrie dimensiunile obiectelor, pornind din partea stîngă, de la dimensiunile quarcilor și a particulelor de 10^{-15} m, ajungînd undeva la mijloc la 10^{0} m – dimensiunile omului, la 10^{6} m – dimensiunile globului pămîntesc iar în extremitatea dreaptă a liniei a scris 10^{24} m – distanțele intergalactice.

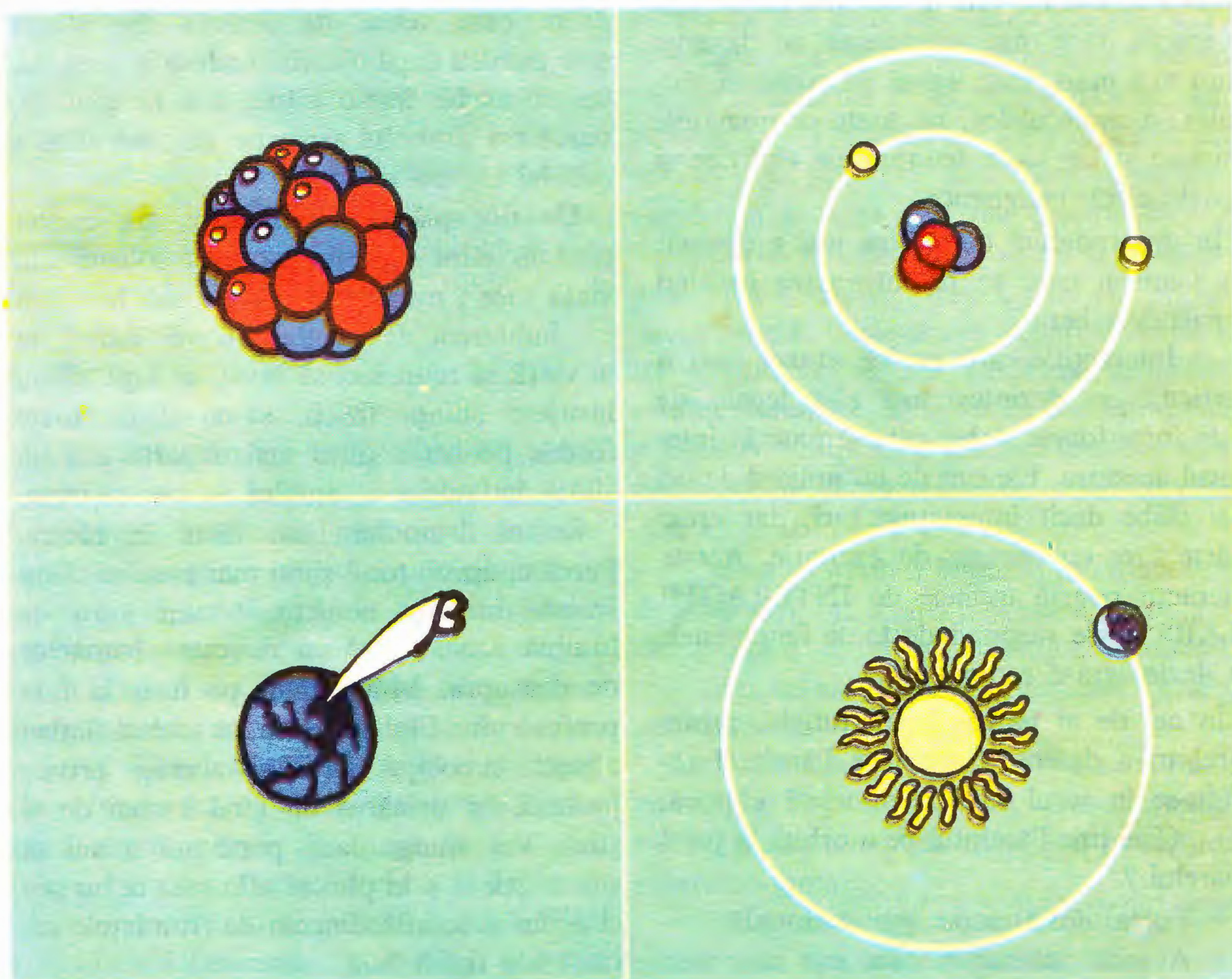
– Aici se află cea de a doua frontieră a fizicii, îmi spuse el. Apoi, cu gesturi încete, în care, de fapt, am bănuit că dorea să se odihnească, mi-a desenat deasupra liniei un om cam la 10^{0} metri, o furnică la 10^{-3} metri, un atom la 10^{-10} – 10^{-9} metri, un nucleu la 10^{-15} metri și așa mai departe.

– Aceasta este scara dimensiunilor din univers și cu domeniile pe care fizica le cercetează. Iată acum cu ce cercetează fizica aceste domenii :

Acceleratoare și detectoare de particule – în domeniul particulelor și nucleelor, microscoape electronice și optice – de la atomi pînă la furnici ; cu ochiul liber la dimensiunile umane ; cu binoclul și lunetele la dimensiuni terestre ; cu telescoape și radiotelescoape la dimensiuni cosmice.

– Profesore, voi păstra totdeauna în minte acest desen care arată cît de departe poate merge fizica spre cele două frontiere.

– Aș vrea să-ți mai fac un grafic, tot atît de fundamental pentru fizică. Și întoarse pagina la carnet, unde a tras din nou de la stînga spre dreapta pe mijlocul celor două pagini o linie orizontală. Această linie orizontală, împreună cu muchia verticală ce separa cele două pagini ale carnetului, îm-



părțea spațiul de scris în patru dreptunghiuri egale : două sus și două jos. În dreptunghiul din stînga sus, mi-a desenat un nucleu atomic.

— Ce ține acești protoni și neutroni adunați în nucleu ?

— Forțele de atracție nucleare furnizate de energia de legătură ! răspund eu conștiincios ca la școală.

— Ei bine, această interacție între componentele unui nucleu este cea mai puternică interacție pe care o cunoaște fizica. Ea se exercită la distanțe foarte mici și fizicienii o numesc INTERACȚIE TARE.

În dreptunghiul din dreapta sus a desenat un atom.

— Ce ține electronii pe orbită în jurul nucleului într-un atom ? mă întrebă el.

— Forța electrică de atracție între nucleul pozitiv și electronii negativi.

— Această interacție, fizicienii o numesc INTERACȚIE ELECTROMAGNETICĂ. Ea este de circa o sută de ori mai slabă decît interacția tare, dar acționează pe distanțe mult mai mari. Este legată de existența atomilor, a moleculelor, de toate combinațiile chimice și de toate fenomenele electrice și undele electromagnetice.

În dreptunghiul din stînga jos, a desenat un neutron care se dezintegrează emițînd o particulă beta.

— Interacțiile care au loc atunci cînd o particulă se dezintegrează sînt legate de niște forțe foarte slabe, care se nasc în interiorul acestora. Ele sînt de un miliard de ori mai slabe decît interacțiile tari, dar cresc foarte tare cu energia de excitație. Aceste interacții poartă numele de INTERACȚII SLABE și ele răspund de toate fenomenele de dezintegrare radioactivă.

În cel de al patrulea dreptunghi, profesorul mi-a desenat Soarele și Pămîntul rotindu-se în jurul său pe o orbită eliptică.

— Cine ține Pămîntul pe o orbită în jurul Soarelui ?

— Forța de atracție gravitațională.

— Această interacție care este cea mai generală din univers, este INTERACȚIA GRAVITAȚIONALĂ. Ea este cea mai slabă dintre toate ca intensitate, dar se manifestă la cele mai mari distanțe. Interacția gravitațională este autoarea întregului spectacol cosmic al planetelor care gravitează în jurul sorilor, a sorilor care gravitează în jurul unor centri din galaxii, a galaxiilor care interacționează și așa mai departe.

Aceste patru tipuri de interacții stau la baza tuturor fenomenelor care se cunosc în acest univers. Fizicienii le cercetează cu atenție, le stabilesc proprietățile și studiază rolul pe care ele îl joacă în acest uriaș și fascinant spectacol pe care îl reprezintă natura în care trăim și din care noi vedem și cunoaștem numai ceea ce se află între cele două frontiere.

Profesorul a tăcut. Aici, în mijlocul naturii pe care tocmai o pomenise, așezat pe un buștean în pădurea nesfîrșită, lîngă un drum care venea de undeva din stînga și se pierdea după o curbă undeva în dreapta, cu carnețelul într-o mînă, dus pe gînduri, parcă era simbolul aspirației de totdeauna a omului către a cunoaște.

Un fior plăcut m-a cuprins din creștet pînă în tălpi. Era un moment solemn din viața mea : momentul în care mă hotăram ca, indiferent de ce greutăți voi întîmpina în viață, să muncesc, să învăț, să lupt, să-mi însușesc știința fizicii, să-mi dedic toate forțele pentru a duce mai departe această sfîntă îndatorire a omului — cunoașterea.

Restul drumului l-am făcut în tăcere. Parcă epuizase totul și nu mai avea ce să-mi spună. În fața noastră, bănuți aurii de lumină jucau odată cu mișcarea frunzelor de deasupra. M-am uitat pe furiș la fața profesorului. Liniștit, senin, cu același zîmbet absent în colțul gurii și aceeași privire jucăușă, își urmărea un gînd numai de el știut. Voi ajunge oare, peste ani și ani să știu ce știe el și în plus să aflu ceea ce nu știe el acum și se află dincolo de frontierele actuale ale fizicii ?

SOARELE ȘI PLANETELE

— Profesore, mi-a plăcut mult excursia pe care am făcut-o în lumea moleculelor. Nu cumva cunoști și formula care să ne facă din ce în ce mai mari, pînă cînd vom ajunge să vedem Soarele cît un pepene ?

— Înțeleg că vrei să facem o excursie în cosmos ! ?

— Da, dar nu cu racheta, ci tot așa cu imaginația. Ne costă mai puțin și ne economisește și timp.

— Bine, spuse profesorul luînd o sorbitură lungă de ceai, pentru a realiza acest lucru este suficient să procedez ca atunci cînd ne-am micșorat, dar pe dos.

. . . .

După puțin timp s-a și ridicat în grabă și mi-a strigat să ieșim repede din cameră. Am alergat lăsînd ușa prin care am ieșit deschisă. Era și timpul, căci privind înapoi mi-am dat seama că dacă mai întîrziam puțin nu mai puteam ieși de acolo. Ușa cu întreaga casă se făceau din ce în ce mai mici. Acum priveam de la același nivel păsările de pe acoperiș. Cîteva momente mai tîrziu, orașul Cîmpulung arăta ca o machetă într-o expoziție : strada principală lungă la nesfîrșit și de-a lungul ei căsuțe cochete și blocuri. Am recunoscut casa de cultură, hotelul Zimbrul, Muzeul Lemnului. Acum deja trebuia să fac un efort ca să mai disting ceva, pentru că depășisem în înălțime dealurile dimprejur. Cîțiva munți în vecinătate și alții mai îndepărtați se mai măsurau cu noi.

— Aceștia trebuie să fie Giumalăul și Rarăul, spune profesorul.

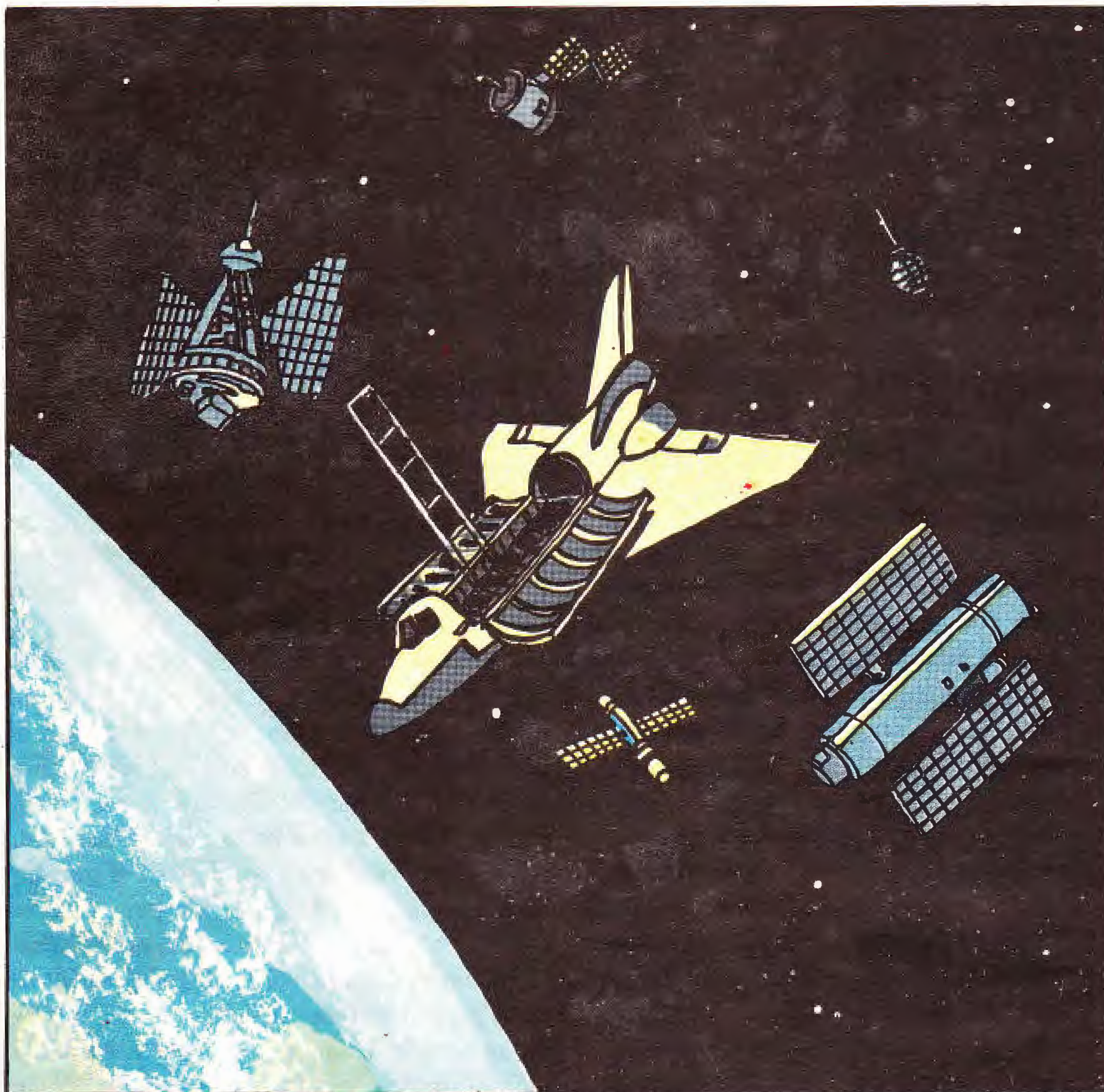
În curînd și ei au rămas undeva jos. La un moment dat a trebuit să mă feresc ca să nu mă lovească în obraz o muscă mică argintie, care făcea mult zgomot în zborul ei drept. Era probabil avionul de pasageri de pe linia aeriană București—Varșovia. Faptul că avionul zbura drept spre obrazul meu și că a trebuit să mă feresc pentru a nu fi lovit, m-a făcut să înțeleg că cei dinăuntru nu ne vedeau și că noi eram deci invizibili. Asta m-a mai liniștit puțin, pentru că mă gîndeam cu groază că s-ar fi putut să mă fi văzut tata sau prietenii mei cum mă măream peste oraș și sigur că n-aș fi scăpat după aceea de întrebările lor iscoditoare. Între timp, se producea un fenomen curios : cerul, care la început era de un albastru senin, acum căpăta nuanțe din ce în ce mai închise. Am privit în jos : Pămîntul era departe și puteam să văd deja șirul munților Carpați, care se curbau la dreapta, iar mai departe făceau iar o curbă la stînga în Balcani și se întindeau pînă la Marea Neagră, care era într-adevăr neagră. Undeva mai departe, se vedea iar o întindere neagră, presărată de multe insulițe luminate. Erau mările Mediterană și Egee cu arhipelagul grecesc. Undeva spre vest, vedeam cîteva creste de munți cu pete albe ici și colo.

— Cred că avem o înălțime de cîteva sute de kilometri, îmi spune profesorul. Fii atent că ajungem în zona sateliților artificiali.

— Nu mi-am imaginat niciodată că sînt atît de mulți !

Erau într-adevăr mulți : de forme variate, cu tot felul de panouri solare, cu antene parabolice, parcă eram într-o lume a poveștilor științifico-fantastice.

— Vezi, acolo, deasupra orizontului, sfera aceea mare cu strălucire metalică ?



— Da, arată ca un balon îmbrăcat în metal.

— Acela e satelitul *ECHO*, lansat în anul 1960 pentru a reflecta undele radio trimise către el pentru a ajunge în partea „umbrită“ a Pămîntului. Cutia aceea complicată, cu un panou solar alături și cu antena ca o umbrelă în capul acelui catarg este *Landsat*, satelit pentru studiul Pămîntului, atît pentru aspectele geologice cît și pentru cele agricole.

— Dar sfera aceea mică cu sute de oglinjoare pe ea ?

— Este *LAGEOS*, satelit de geodinamică ce lucrează cu laser și studiază mișcarea plăcilor tectonice ale Pămîntului.

— Iată unul ca o țeavă de tun între două panouri solare !

— Acela e telescopul spațial. *Țeava de tun* este, de fapt, telescopul care privește către stele, fără a mai fi perturbat de stratul de atmosferă care a deranjat timp de secole pe astronomii de pe Terra. Celălalt *tun*, tot între două panouri solare, este *Exploratorul Internațional în Ultraviolet*, care scrutează adîncimile spațiului cosmic în căutare de găuri negre și de quasari.

— Ce sînt astea ?

— Să lăsăm pe altă dată această problemă. Priveşte acum la satelitul acela în formă de avion. Acela este *Spacelab*, un laborator spaţial complex, în care se cercetează, de exemplu, ce înseamnă pentru o plantă de floarea-soarelui să crească „în sus" în condiţii de imponderabilitate ; în alt loc se cresc cristale, sau se produc aliaje cu proprietăţi imposibil de atins în condiţii terestre.

Şi profesorul mi-a descris mulţi alţi sateliţi cu funcţiile lor : telecomunicaţii, conducerea navelor şi cercetări multiple.

Priveam această flotă cerească, cu funcţii atît de sofisticate şi nu-mi puteam stăpîni un sentiment de mîndrie cînd mă gîndeam că ele sînt create de geniul acelor locuitori ai planetei de sub mine, printre care ne număram şi eu şi profesorul.

Cerul era deja negru. Linia de orizont a Pămîntului coborîse atît de jos, peisajul se curbase atît de mult, încît aveam senzaţia clară că mă aflu pe un glob rotund. Aveam o înălţime de circa 1 000 de kilometri şi vedeam Pămîntul sub mine aşa cum ar vedea un om normal un balon cu diametrul de circa 20 de metri pe care s-ar afla. La această dimensiune, situaţia era cam următoarea : Pe cerul perfect negru străluceau stelele cu o intensitate mai mare decît cea cu care eram obişnuiţi în cele mai senine nopţi de vară fără Lună. Sub mine, Pămîntul, ca un glob de 16—18 metri, era luminat numai pe jumătatea laterală îndreptată spre Soare. Cum ora la care mă aflam era tîrziu după-masă, iar eu nu părăsisem locul, deci se chema că mă aflu încă în România cu picioarele, puteam vedea în partea luminoasă din stînga mea tot vestul Europei. În spatele meu era Africa, în faţa mea o imensă pată albă ce se întindea începînd din nordul Norvegiei, deci calota de zăpadă a Polului Nord. Dincolo de Europa, în stînga mea, se vedea o mare pată neagră care era Oceanul Atlantic, iar dincolo de el coastele celor două Americi. Calota de zăpadă a Polului Sud nu se putea vedea, în schimb, pe marea pată neagră a Oceanului Atlantic puteam să disting o pată argintie, rotundă şi lucioasă, care era reflexia luminii solare pe suprafaţa oceanului, aşa cum s-ar vedea reflectarea luminii de la un bec pe un glob de sticlă. În dreapta mea mai era puţină lumină pînă spre Munţii Urali, după care un întuneric absolut că nici măcar nu puteam distinge bine conturul rotund al Pămîntului. Ghiceam acolo prezenţa lui datorită lipsei stelelor în această zonă. În jurul zonei luminate a globului terestru, deasupra liniei de orizont, se vedea o strălucire albastră ca o fluorescenţă ; Pămîntul avea o aureolă albăstruie, care se prelungea puţin şi peste zona întunecată.

— Profesore, vezi această aureolă albăstruie ? Ce o fi ea ?

— Este difuzia luminii pe stratul de atmosferă din jurul globului nostru. Este acelaşi fenomen datorită căruia noi vedem de pe Pămînt cerul albastru.

Cînd Pămîntul a ajuns de mărimea unei portocale, profesorul, prin acelaşi procedeu, a oprit creşterea noastră.

— Gata, acum nu mai creştem ! m-a anunţat el. Hai să ne uităm bine de jur împrejur şi să căutăm să ne apropiem cît putem de Soare. Să ştii însă că apropierea de el este periculoasă, nu atît datorită căldurii, cît a intensităţii mari a radiaţiilor ultraviolete, X şi gama. Dar cum călătoria noastră este numai imaginară, noi ne vom apropia cît mai mult de el, mai ales că trebuie să căutăm celelalte planete.

Închipuiţi-vă că sînteţi într-o noapte adîncă, deasupra şi dedesubtul dumneavoastră se află un cer perfect negru presărat cu miliarde de stele strălucitoare, iar că la circa 1 200 de metri distanţă se află un glob sferic strălucitor de 11 metri în diametru. Acesta este Soarele. Pe linia sa de contur, puteam distinge acele fantastice explozii care aruncă în spaţiu materie incandescentă. Era ca şi cum flăcări de o înălţime apreciabilă se mişcau abia perceptibil pe această uriaşă sferă de foc. La această distanţă de peste

un kilometru, simţeam o dogoare blîndă, ceea ce ne făcea să înţelegem cantitatea uriaşă de energie degajată de acest luminos cuptor în spaţiu.

— De unde atîta energie ? îl întreb pe profesor. Ce combustibil se consumă în acest cuptor rotund ?

— În el se produc reacţii de fuziune, adică sinteze de nuclee.

— Se unesc mai multe nuclee mai mici într-unul mai mare ?

— Întocmai. Reacţia principală constă în unirea a patru nuclee de hidrogen într-un nucleu de heliu. Datorită defectului de masă foarte mare, rezultă degajarea unei mari cantităţi de energie pentru formarea fiecărui nucleu de heliu. Şi deoarece în Soare se produce un număr uriaş de asemenea reacţii în fiecare secundă, rezultă că se degajă energie cît cea produsă de miliarde de bombe termonucleare la un loc.

— Şi nu este pericol ca acest combustibil, hidrogenul, să se consume ?

— Deocamdată, mai mult de 90% din masa Soarelui o constituie hidrogenul, aşa că, dragul meu, va trebui să aştepţi multe miliarde de ani pînă vei vedea acest glob de foc stingîndu-se.

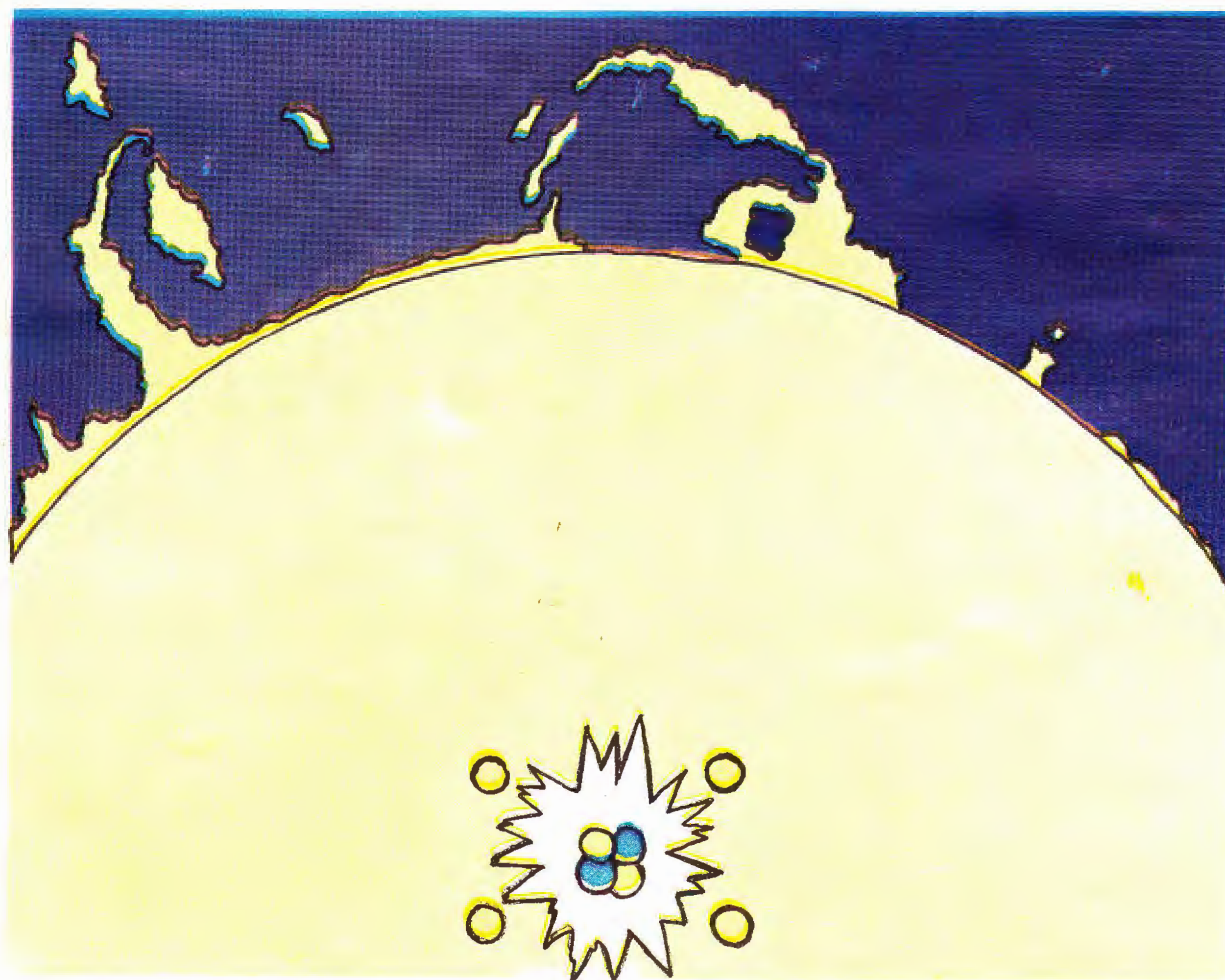
— Şi ce vîrstă are el acum ?

— Aproape cinci miliarde de ani ; mai precis : 4,6 miliarde.

— Profesore, spune-mi ceva despre modul în care a luat naştere Soarele ăsta !

— Nu acum ! Ne aflăm aici ca să vedem cum este alcătuit sistemul nostru solar. Haide, deci, să-i căutăm planetele.

Şi făcîndu-mi un semn să-l urmez, se îndreptă spre Soare. Vă amintesc că eu şi



profesorul ne aflam în cosmos avînd nişte dimensiuni de uriaşi, astfel încît Pămîntul ne apărea cît o portocală albastră de 10 centimetri în diametru, şi că, în această situaţie, Soarele era un glob de foc de 11 metri în diametru aflat la o distanţă de circa 1 kilometru şi un sfert.

Am pornit spre Soare. Pe măsură ce avansam, simţeam dogoarea lui crescînd. Cînd am ajuns cam la 900 de metri distanţă, profesorul s-a uitat cu atenţie în jur şi la un moment dat exclamă încîntat :

— Uite-o, aceasta este planeta Venus !

Ne-am îndreptat către ea. O portocală cam de 9 centimetri, îmbrăcată într-un strat gros de nori gălbui-cenuşii.

— Dacă ai reuşi să vezi prin nori, ai constata că această planetă are un relief variat ca şi Pămîntul. Zone mai ridicate ca nişte continente, pe care se află şi munţi, sînt despărţite de zone plate, cum ar fi mările şi oceanele ; dar aici, pe Venus, ele sînt lipsite de apă.

— De ce sînt lipsite de apă ?

— Pentru că temperatura pe suprafaţa planetei atinge 470° ziua.

— Mai este vreo planetă mai apropiată de Soare ?

— Da, Mercur. Hai să o căutăm. Ea se află la 58 de milioane de kilometri.

— Cînd am găsit-o, am rămas mirat : o mingioară de 4 centimetri în diametru, fără nori, avînd ca şi Luna foarte multe cratere mai mici sau mai mari pe suprafaţa sa.

— De ce seamănă cu Luna, profesore, cu atîtea cratere pe ea, în timp ce Venus şi Pămîntul nu au aşa ceva ?

— Pentru că, neavînd atmosferă, sau aceasta fiind foarte rarefiată, suprafaţa ei nu este protejată împotriva ciocnirilor cu meteoriţi, asteroizi şi alte corpuri cereşti. Impactul cu fiecare dintre ei a lăsat cîte un crater, ca atunci cînd arunci cu o piatră într-o băltoacă cu noroi.

— Cu singura deosebire, că în noroi craterul nu rămîne pentru mult timp !

— Da, aşa e, pentru că noroiul este mai vîscos, în timp ce suprafaţa planetelor este mult mai dură. Dar hai acum să mergem către planetele mai îndepărtate.

Am întors spatele globului de foc şi am plecat în căutarea celorlalte planete. Am trecut din nou pe lîngă Venus cea ascunsă în nori şi ne-am apropiat din nou de planeta noastră Terra. Ce frumoasă era ! O portocală albastră deschis ; brăzdată de rotocoale şi pete albe, parcă făcute de mîna unui artist rafinat. Din loc în loc, în culoarea generală de albastru, cîteva pete în nuanţe roşcate marcau continentele. Cam la trei metri distanţă de această portocală se afla o bilă cenuşie cam de doi centimetri în diametru. Era Luna. Am recunoscut-o după peisajul plin de cratere, atît de familiar nouă din fotografiile din cărţi şi reviste. După ce am mai parcurs cîteva sute de metri, depărtîndu-ne de Soare, atunci cînd eram cam la 1 800 metri de acesta, profesorul mi-a spus că la această distanţă trebuie să fie planeta Marte. Am pornit pe traiectoria ei şi am găsit-o într-un tîrziu : o bilă roşcată cu diametrul de cinci centimetri şi ceva, cu un relief foarte variat şi cu două calote mari de gheaţă la cei doi poli.

— Munţii de pe Marte sînt mai înalţi decît cei de pe Terra, îmi spune profesorul. Scoarţa acestei planete este mai groasă decît a Pămîntului nostru, astfel încît poate susţine munţi mai înalţi. Acest vulcan, de exemplu, şi îmi arătă o mică ridicătură pe suprafaţa sferică, se numeşte Olimpus Mons şi are o înălţime de 27 de kilometri faţă de bază.

— Profesore, dar pe această planetă nu sînt mări şi oceane !

— Apa nu se găseşte pe ea decît sub formă de gheaţă. Temperatura medie a acestei planete este de minus cincizeci de grade. Priveşte la cei doi sateliţi ai săi !

Am privit cu atenţie în direcţia indicată de profesor. La numai cîţiva centimetri distanţă de suprafaţă, se afla o bobiţă cît

un bob de mazăre, iar la vreo cincisprezece centimetri, o alta.

— Atît de aproape ?

— Aceştia sînt Phobos, cel mai apropiat, şi Deimos, cel mai îndepărtat.

Am plecat mai departe.

— Hai să ne ridicăm puţin mai sus, ca să evităm centura de asteroizi care se află în zona aceasta dintre Marte şi Jupiter.

Într-adevăr, intrasem într-o zonă în care se aflau din loc în loc o puzderie de bobiţe şi pietricele pornind de la mărimea unor grăunţe de nisip, pînă la 1—2 centimetri. Le vedeam sclipind ici şi colo printre stele luminate de Soare pe fondul negru al cerului.

— Profesore, cum se face că noi am găsit planetele Mercur, Venus, Terra şi Marte cu foarte multă uşurinţă, deplasîndu-ne numai într-un singur plan ?

— Pentru că toate planetele din sistemul solar, exceptînd Pluto, au traiectoriile, practic, în acelaşi plan, pe ecliptică. Dacă ajungem să vorbim despre formarea sistemului solar, îţi voi explica şi acest lucru.

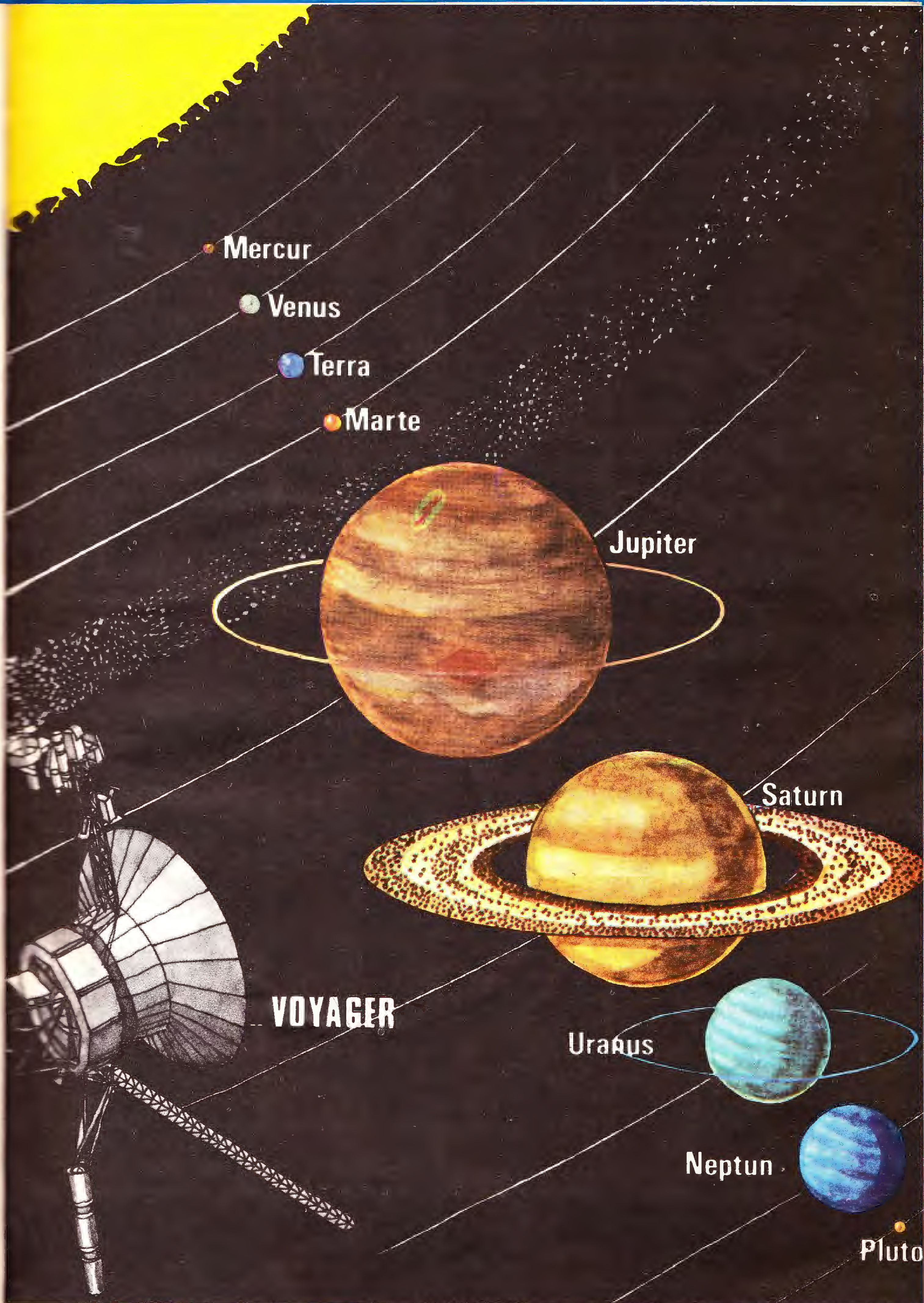
După ce am trecut centura de asteroizi, la o distanţă de peste 6 kilometri de globul de foc al Soarelui, ne-am pomenit în faţa unei imagini impresionante : un glob cu diametrul de peste un metru şi zece centimetri, străbătut pe toată suprafaţa de nişte dungi neregulate paralele cu ecuatorul, benzile pe care aceste dungi le delimitau erau colorate diferit în cenuşiu nuanţat în verzui, gălbui sau uneori spre roşu. Undeva lateral, între două asemenea dungi, lucea un ochi roşietic cu lungimea cam de două ori diametrul Pămîntului.

— Te rog să faci cunoştinţă cu cel mai voluminos corp din sistemul nostru solar în afară de Soare. Este Jupiter. I-aş zice planetă, dar mai degrabă face parte din categoria stelelor. Este o pitică brună, adică un fel de stea cu o compoziţie asemănătoare cu a Soarelui, radiind mai multă energie decît primeşte. Dacă ar fi avut masa de zece ori mai mare, ar fi putut atinge temperatura necesară pentru declanşarea acelor reacţii de fuziune din Soare şi ar fi făcut parte din aceeaşi clasă de stele ca şi el. Acest acoperămînt de nori este puternic reflectant, de aceea Jupiter se vede destul de strălucitor de pe Pămînt, deşi este atît de depărtat. Îţi repet : la dimensiunile la care ne aflăm noi, dimensiuni la care globul pămîntesc ne apare ca o portocală albastră de 10 centimetri în diametru aflată la o distanţă de un kilometru şi un sfert de Soare, care apare la rîndul lui ca un glob de unsprezece metri în diametru, Jupiter ne apare ca o sferă de un metru şi zece centimetri în diametru, la o distanţă de şase kilometri şi ceva de Soare. Jupiter are doisprezece sateliţi, dintre care Io, Europa, Ganymede şi Callisto sînt cei mai importanţi. Şi încă o curiozitate sau, dacă vrei, o descoperire recentă: uită-te cu atenţie şi vei vedea că Jupiter al nostru are şi un inel, precum Saturn, numai că el este foarte îngust şi subţire. Această descoperire a fost făcută de misiunea Voyager 1 în anul 1979.

Ne-am despărţit de Jupiter, care împreună cu sateliţii săi forma un sistem solar în miniatură, şi am plecat mai departe în căutarea lui Saturn.

L-am găsit la o distanţă de 11 kilometri, ceea ce corespunde la o distanţă reală de 1 427 000 000 de kilometri. Cu alte cuvinte, Saturn este de circa zece ori mai depărtat de Soare decît Pămîntul. În imaginea noastră, în care Pămîntul este o bilă de zece centimetri, Saturn ne apărea ca un glob de nouăzeci şi cinci de centimetri, striat ca şi Jupiter de dungi galbene cenuşii de diferite nuanţe, paralele cu ecuatorul. În jurul ecuatorului, ca un bor la pălărie, se înşiră inelele de diferite intensităţi, cu zone de întrerupere între ele. Era un spectacol într-adevăr fascinant.

— Saturn este cea mai puţin densă dintre planetele sistemului solar. Densitatea ei este cam de opt ori mai mică decît cea a Pămîntului. Inelele sale au o grosime de numai zece metri la dimensiunile reale şi constau


Mercur
Venus
Terra
Marte
Jupiter
Saturn
VOYAGER
Uranus
Neptun
Pluto

probabil în cea mai mare parte din cristale de gheață, de la dimensiunea unei pietricele pînă la mărimea unui bolovan. Are zece sateliți cunoscuți pînă acum, printre care : Mimas, Enceladus, Tethys, Dione, Rhea, Titan și Iapetus sînt cei mai cunoscuți.

Plecînd mai departe, la douăzeci și trei de kilometri depărtare de globul solar lăsat undeva în urmă, am găsit o minge cu diametrul de circa 37 de centimetri. Munți de gheață se află pe această planetă a cărei densitate este de numai o dată și jumătate mai mare decît a apei. Cei cinci sateliți ai săi : Miranda, Ariel, Umbriel, Titania și Oberon se rotesc la distanțe comparabile cu cea a Lunii față de Pămînt. Și Uranus are un bor foarte îngust de inele foarte apropiate de suprafața sa.

În reprezentarea noastră, Neptun este o minge de 39 de centimetri, plasată la o distanță de 36 de kilometri față de Soare, care este un glob de foc de 11 metri în diametru. Triton, cel mai mare dintre cei doi sateliți ai săi, își schimbă mereu traiectoria apropiindu-se de el. Astrofizicienii prevăd că la un moment dat satelitul se va transforma într-un inel

Pentru a-l găsi pe Pluto a trebuit să ne ridicăm în spațiu, să părăsim ecliptica, pentru că traiectoria sa face 17° cu planul în care se află traiectoriile celorlalte planete. Se găsește la o distanță de 47 de kilometri, o bilă de circa cinci centimetri în diametru avînd un satelit, Charon, la două diametre distanță de suprafața planetei. În anul 1989 misiunea spațială Voyager 2 se va afla în vecinătatea sa și ne va transmite ceva mai multe date despre această misterioasă planetă.

Călătoria în sistemul nostru solar atingea aici punctul terminus.

— Profesore, constat că aici, ca și la atom, partea covîrșitoare a masei sistemului solar se află concentrată în nucleul central, în Soare, care este de cîteva mii de ori mai mic decît dimensiunea întregului sistem. Deci și în cosmos, spațiile goale sînt mult mai întinse decît spațiile pline.

— Într-adevăr, aceasta este o observație foarte bună. Hai să mergem înapoi lîngă frumoasa planetă Terra, să procedăm la fel și să ne întoarcem în odăița noastră.

. . . .

— Această călătorie m-a convins o dată mai mult cît de pasionant este domeniul științei.

— În astronomie și astrofizică, cercetarea necunoscutului capătă aspecte spectaculoase prin faptul că se tatonează frontiera de sus a cunoașterii.

— Ce se află dincolo de sistemul nostru solar ? Cît de departe putem merge cu cunoașterea ?

— Constat că apetitul tău pentru cunoaștere nu cunoaște margini, zise profesorul, accentuînd dinadins pe cele două cuvinte cu aceeași rădăcină. Cred că ți-a comunicat tăticul tău că mîine ne întîlnim în gară. Mi-am procurat bilet la același tren, așa că vom face drumul spre București împreună.

— Mă bucur că vii cu noi. Să-ți spun drept, îmi părea foarte rău să ne despărțim atît de repede.

— Oricum, nu amînăm despărțirea decît cu o jumătate de zi. În afară de asta, ești binevenit în orice duminică după-masa să sorbim un ceai împreună în locuința mea din București.

Și profesorul a rupt o foaie din nelipsitul său carnet, scriind pe ea adresa și dîndu-mi indicațiile necesare ca să pot ajunge mai ușor la el în cartierul Drumul Taberei. M-am despărțit de el în acea seară cu sentimente contradictorii : pe de o parte aveam în minte halucinanta imagine a planetelor sistemului solar, de la micuțele Mercur și Pluto, la uriașele Jupiter și Saturn, cu aspectele lor atît de diferite, precum și obsedantul glob de foc, acel sferic cuptor termonuclear care este Soarele, în jurul

căruia gravitau toate acele corpuri cereşti pe care le-am vizitat. Pe de altă parte, m-a cuprins tristeţea la gîndul că mîine este ultima zi pe care o petrec în compania profesorului, în această vacanţă de neuitat la Cîmpulung Moldovenesc.

UNDE NE AFLĂM?

Aproape întregul compartiment al vagonului de clasa întîi în acceleratul Vatra-Dornei—Bucureşti a fost ocupat de familia noastră şi profesor. Un loc a rămas liber în tot timpul călătoriei. M-am instalat confortabil pe locul preferat de la fereastră. În faţa mea stătea mama, iar lîngă ea — profesorul.

— Cît timp îi trebuie acestui tren ca să ajungă la Bucureşti ? întreabă sora mea.

— Şapte ore şi jumătate, răspunde tata.

— Profesore, dar luminii cît timp îi trebuie ca să ajungă de aici pînă la Bucureşti ? — întreb eu.

— Cam două miimi dintr-o secundă ! Dar ştii cît îi trebuie unui foton care pleacă din Soare pînă ajunge la fereastra vagonului nostru ?

— Cît ?

— Opt minute. Dar ştii cît îi trebuie unui foton ca să ajungă de pe Soare pînă pe planeta Pluto ?

— Cît, profesore, că mă faci curios !

— Aproape şase ore. Spunem că Pămîntul se află la distanţa de opt minute lumină de Soare, iar Pluto la şase ore lumină. Să-ţi mai pun o întrebare : ştii la ce distanţă se află cea mai apropiată stea de Soare ?

— Nu ştiu.

— Ea se numeşte Alpha Centauri şi se află la 4,3 ani lumină, adică la o distanţă de circa patruzeci de mii de miliarde de kilometri, pe care lumina o parcurge în aceşti 4,3 ani. Iată deci că, în astronomie, apare o nouă unitate de măsură : *anul-lumină*, care este distanţa pe care un foton luminos o parcurge într-un an, adică 9,36 mii de miliarde de kilometri.

Trenul pornise deja de cîteva minute. Un foton care a pornit din Soare odată cu noi a şi ajuns la fereastra vagonului nostru, după ce a parcurs o sută cincizeci de milioane de kilometri.

Un altul, care a pornit în acelaşi timp tot de pe Soare, în momentul în care noi vom ajunge la Bucureşti în Gara de Nord, va fi la şase miliarde şi jumătate de kilometri distanţă, adică a trecut deja de îndepărtata planetă Pluto.

— Profesore, unde ne aflăm ?

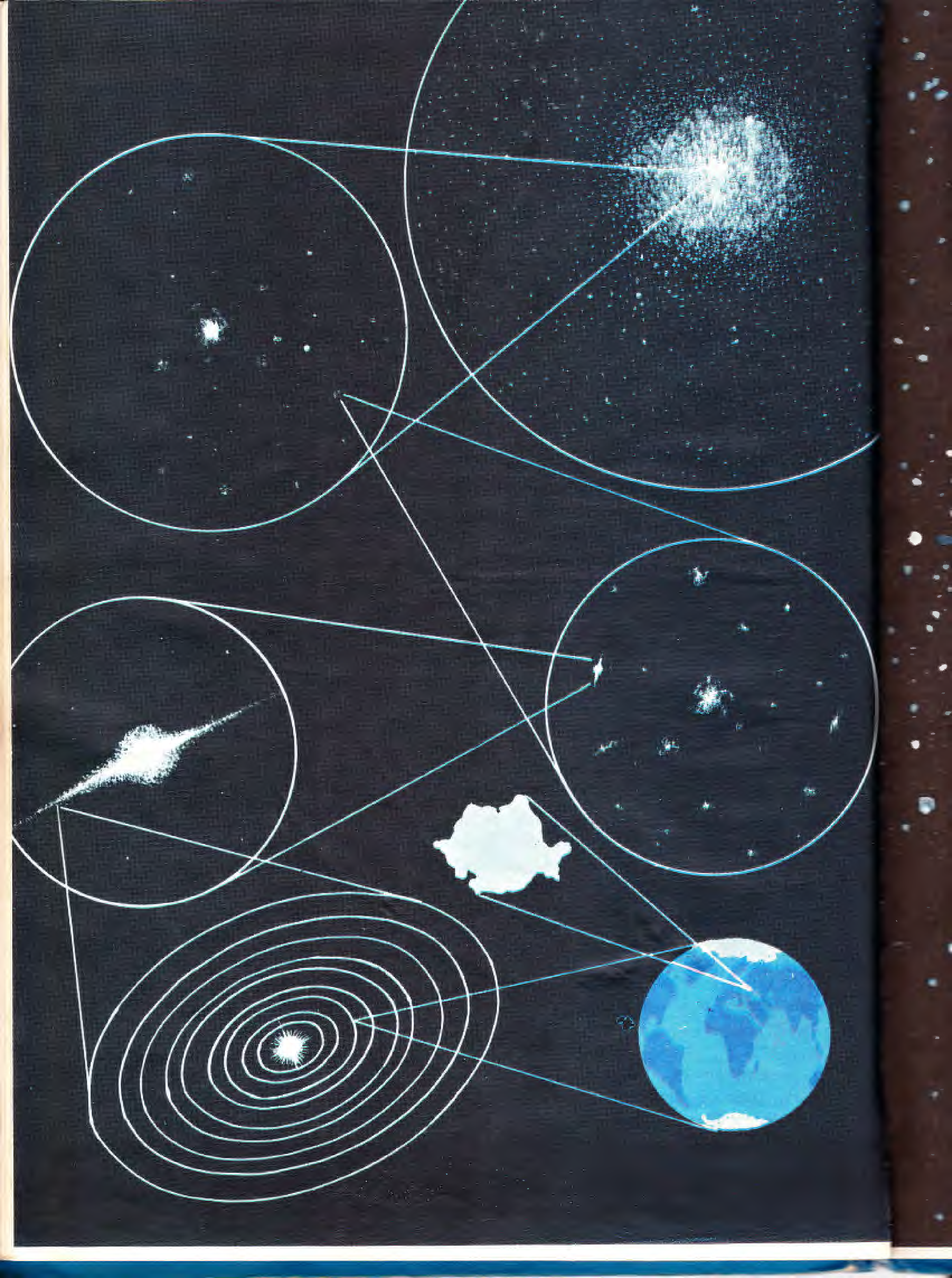
— În tren, în drum spre Bucureşti !

— Sîntem într-un tren, care se află acum în judeţul Suceava, care se află în România, care se află în continentul Europa, care se află pe planeta Pămînt, care se află în sistemul solar, care se află, unde în univers ?

— Sistemul nostru solar se află în galaxia Calea Lactee, pe unul din braţele sale spirale, la treizeci de mii de ani lumină depărtare de centrul ei, diametrul ei total fiind de circa o sută de mii de ani lumină. Deci ne aflăm mai aproape de periferie decît de centrul ei.

— Şi galaxia noastră unde se află ?

— Galaxia noastră, împreună cu alte 20 de galaxii printre care şi galaxia Andromeda, se află într-un *grup local* sau *cluster* de galaxii, a cărui dimensiune este de circa patru milioane de ani lumină.





— Care se află unde ?

— Care se află, tot aşa, mai la periferia unui supercluster de galaxii. În acest supercluster format din clustere de galaxii, care are diametrul de circa 150 000 000 de ani lumină, clusterul nostru de galaxii se află cam la 50 000 000 de ani lumină distanţă de centru, unde, de fapt, se află Virgo, un uriaş cluster format din cîteva mii de galaxii.

— Unde se află acest supercluster ?

— În mijlocul universului vizibil ! Nu pentru că noi ne aflăm chiar în centrul lui, dar oriunde ne-am situa în el şi am îndrepta instrumentele noastre am descoperi galaxii, clustere de galaxii, superclustere şi alte formaţii pînă la limita pătrunderii în spaţiu, care este de douăzeci de miliarde de ani lumină. Deci limitele universului perceptibil se află de jur împrejurul nostru, la douăzeci de miliarde de ani lumină. Cum întreg acest univers a luat fiinţă acum douăzeci de miliarde de ani printr-o mare explozie primordială (Big-Bang), înseamnă că semnalele luminoase, care ajung la noi de la aceste corpuri cereşti de la marginea universului, se referă la evenimente care au avut loc în trecut acum douăzeci de miliarde de ani.

Universul continuă să se extindă ca urmare a exploziei care a avut loc atunci. De aceea, la orice galaxie pe care o privim vedem de fapt cum se depărtează de noi.

Am ajuns în acest fel la frontiera cea mai îndepărtată a cunoaşterii. Ce a fost înainte de Big-Bang ? Ce se va întîmpla în continuare ? Va reuşi gravitaţia să oprească fuga galaxiilor, să le întoarcă din drum, să le facă să vină una spre alta şi să se îngrămădească într-un colaps gravitaţional, după care să urmeze o altă explozie primordială ? Aici e problema în care probabil că şi filozofii au ceva de spus.

— Destul, profesore, destul !

Mă simţeam de-a dreptul copleşit. Modul în care profesorul mă asalta cu imagini ameţitoare de superclustere ce conţineau mii de clustere, care la rîndul lor conţineau sute şi mii de galaxii, care la rîndul lor conţineau sute de miliarde de stele în jurul fiecăreia rotindu-se planete pînă la distanţe de miliarde de kilometri, m-a făcut să realizez într-o singură clipă ce hău imens este acest univers, în interiorul căruia ne aflăm, pierduţi undeva într-un tren pe o planetă ce se roteşte în jurul unui Soare, care se află undeva la periferia unei galaxii oarecare, dintr-un cluster, dintr-un super...

. . . .

Ne apropiam de Bucureşti. A fost o călătorie frumoasă, care încheia o vacanţă greu de uitat pentru mine. Priveam la omul acesta cu favoriţi bogaţi pe obraji şi păr castaniu puţin în neorînduială, care, acum două săptămîni, era un străin într-un compartiment de tren, şi care, în tot acest răstimp, a fost călăuza mea în lumea minunată a fizicii.

Cît de bine îi cunoşteam acum acea privire întoarsă spre interior, acea încreţire a amuzament din colţul ochilor, acel aer uşor absent şi totuşi acea permanentă stare de veghe...

Acum, cînd primele case şi străzi ale marelui oraş au început să se perinde prin faţa ferestrei compartimentului, iar în vagon a început să se simtă forfota pregătirilor pentru coborîre, cu acelaşi zîmbet în colţul gurii, profesorul ni se adresează tatei şi mie :

— După cîte m-aţi întrebat, după cîte v-am relatat şi după cîte aţi aflat în aceste zile, spuneţi-mi, vă rog, acum : Vă place fizica ?

CUPRINS